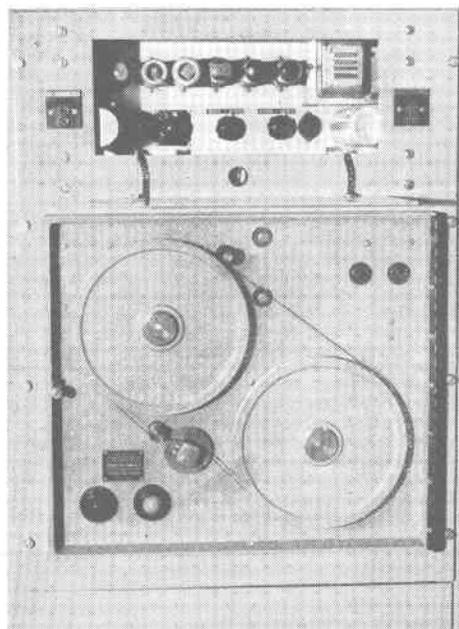
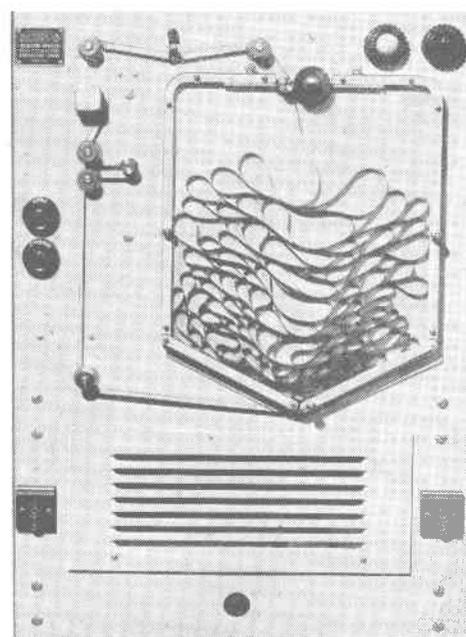
ELETTRONICA

EDIZIONI RADIO ITALIANA - ANNO II - GENNAIO-APRILE 1953 - NUMERI 1 e 2 - L. 500

APPARECCHI DI REGISTRAZIONE E RIPRODUZIONE SONORA INSTALLATI NELLE SEDI *RAI*

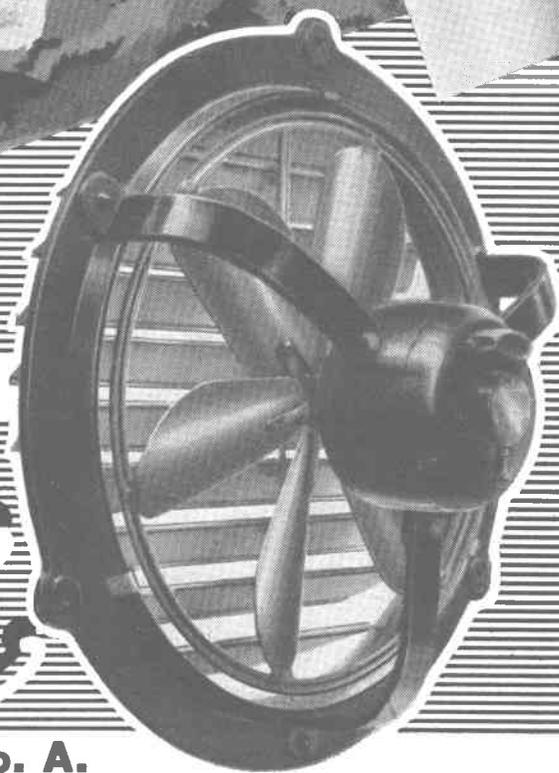
GIRADISCHI PROFESSIONALI
TIPO RAI/CARRSON/53
a 2 velocità (33/78 giri)

MAGNETOFONO A SERBATOIO
PER GIORNALE RADIO TELEFONICO
in servizio continuativo presso le sedi RAI di Roma, Milano e Torino,
in collegamento con le locali società telefoniche

MAGNETOFONO A CICLO CHIUSO
PER SEGNALE D'INTERVALLO
in uso presso le stazioni della RAI

CARRSON

COSTRUZIONE APPARECCHI REGISTRAZIONE E RIPRODUZIONE SONORA

TORINO - Corso G. Cesare, 16 - Tel. 20-529

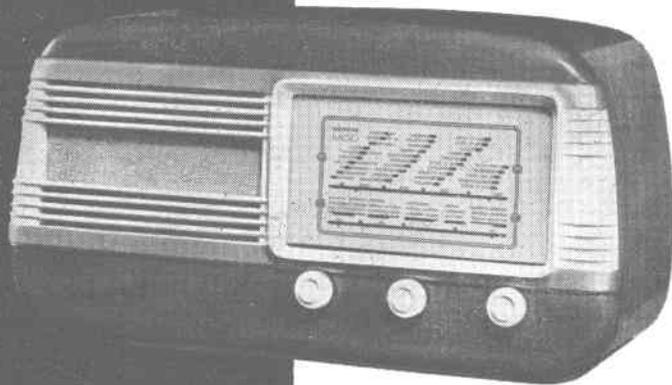
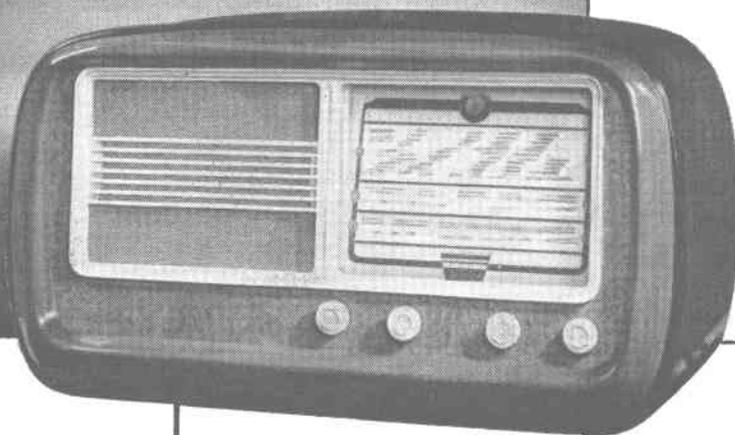
L. MOTTA
IL RICAMBIO DELL'ARIA È INDISPENSABILE
QUANTO L'ILLUMINAZIONE ED IL RISCALDAMENTO
aspiratori
Marelli
ERCOLE MARELLI & C. S. p. A.
MILANO - CORSO VENEZIA N. 16 - TEL. 70.09.41 - 79.26.00 - 79.34.37
Stabilimenti in Sesto San Giovanni - TEL. 28.92.41 - 28.92.71 - 28.96.50 - 28.96.54

Le potenze più elevate alle frequenze più alte

grazie ai nuovi triodi per onde ultra corte
Brown Boveri

	TIPO	Catodo tungsteno toriato		S	μ	CAPACITÀ			ANODO		GRIGLIA	DISSIPAZIONE		FREQUENZA
		V_f	I_f			G - A	G - C	C - A	V_A	I_A	VG max	Anodo	Griglia	
		V	A	m A/V		pF	pF	pF	kV	A	V	W	W	MHz
1	**T 130 - 1**	5	6,5	4,5	25	4	4,7	0,1	2,5	0,3	- 350	135	20	100
2	**T 350 - 1**	5	15	9	30	5,6	7,5	0,15	4	0,45	- 500	350	30	100
3	**BTL 1 - 1**	7,5	20	12	25	9	12	0,2	4	1	- 500	1000	40	110
4	**BTL 2 - 1**	12	30	28	30	14	19	0,5	5	1,5	- 1000	2500	80	110

TECNOMASIO ITALIANO BROWN BOVERI

Per chiarimenti tecnici è a vostra disposizione l'Ufficio Alta Frequenza

PIAZZALE LODI, 3 - **MILANO** - TELEFONO 57.97

ELETTRONICA

Televisione Italiana

GENNAIO
APRILE 1953

DA PAGINA 1
A PAGINA 124

Sommario:

EDIZIONI RADIO ITALIANA

IL PRESENTE NUMERO DI "ELETTRONICA,,
COSTA IN ITALIA LIRE 500 (ARRETRATI LIRE 700) — I VERSAMENTI POSSONO ESSERE FATTI SUL CONTO CORRENTE POSTALE N 2/37800
ALL'ESTERO LIRE 800 (ARRETRATI LIRE 1000)

ABBONAMENTO ANNUALE: IN ITALIA LIRE 1500 - ALL'ESTERO L. 2500
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - IV GRUPPO
REGISTRATO ALLA CANCELLERIA DEL TRIBUNALE C. P. DI TORINO AL N. 493 IN DATA 6-11-1951

IL NUOVO PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

Dott. Ing. Gino Castelnuovo
della RAI

L'attività tecnica di una grande organizzazione radiofonica a carattere nazionale si esplica necessariamente non soltanto nel puro esercizio delle trasmissioni, ma anche nel settore delle nuove costruzioni destinate a sempre più perfezionare e a completare i mezzi tecnici di ripresa e di diffusione.

Per quanto agli effetti del perfezionamento della radiodiffusione risultino egualmente importanti gli impianti trasmittenti e quelli di ripresa, pur tuttavia in una situazione di emergenza quale quella in cui ci si è venuti a trovare al termine della guerra è alla ricostruzione dei primi (e cioè degli impianti trasmittenti) che si doveva dare la precedenza perchè senza di essi nessun ascolto era evidentemente possibile, nè di buona nè di cattiva qualità.

Subito dopo, però, le esigenze del funzionamento degli impianti di ripresa sono diventate preponderanti e tanto più questo in Italia, paese in cui è più distribuita fra le varie regioni la produzione culturale e artistica. Tale differenziazione regionale ha portato, nello sviluppo della Radio Italiana, alla necessità di creare, oltre ai singoli studi piccoli e medi sparsi nelle varie città, più di un grosso centro di produzione di cui il primo — quello di Roma — risale al 1931 (subendo poi numerose modifiche e ampliamenti), il secondo — quello di Torino — è stato portato alla forma attuale nel 1939, e infine il terzo — quello di Milano — ha trovato solo oggi la sua espressione definitiva. Ad esso vogliamo dedicare gran parte del presente fascicolo.

È bene premettere innanzi tutto un breve cenno storico.

Progettato tra il 1939 e il 1940 dagli Architetti Ponti e Bertolaia, il palazzo della Radio di Milano venne costruito nella sua struttura muraria fondamentale tra il 1940 e il 1943: in quest'anno un'ala del palazzo fu distrutta a seguito di bombardamento aereo e i lavori rimasero sospesi fino al termine della guerra.

Mentre nel 1946 si effettuarono le prime riparazioni dei danni del bombardamento, solo più tardi si sono iniziati i lavori di ultimazione che sono stati portati a termine entro quest'anno. Si vede quindi come a causa della guerra, tra l'ideazione del progetto e la sua completa realizzazione pratica siano trascorsi più di dodici anni. La tecnica in questo frattempo si è naturalmente evoluta in vari settori: per ciò che riguarda poi il nostro Paese una particolare evoluzione si è avuta in tale periodo anche nel campo sociale, ciò che ha portato alla necessità di far aderire più strettamente la Radio alle svariate espressioni della nuova vita del popolo italiano.

Questo spiega come al momento della ripresa dei lavori ci si sia trovati di fronte ad alcune difficoltà per adattare schemi costruttivi studiati in vista di una certa applicazione tecnica e di certe attività nel campo dei programmi, a diverse applicazioni e diverse attività. Peraltro, data la flessibilità della struttura originale, si è potuto risolvere brillantemente il problema senza che le modifiche intervenute nel corso della costruzione abbiano inficiato minimamente la praticità e la modernità dell'impianto.

Come è noto, i centri di produzione radiofonica seguono, dal punto di vista edilizio, due tipi di schemi nettamente diversi: quello a costruzione a blocco unico, coi vari auditori distribuiti in più piani, o quello a costruzione estensiva, coi diversi auditori sparsi in padiglioni separati, eventualmente collegati da corridoi fiancheggiati da uffici.

Il secondo tipo richiede accorgimenti di minore entità per ciò che riguarda l'isolamento acustico tra auditorio e auditorio; ma presenta l'inconveniente di occupare un'area di terreno enormemente maggiore, e di complicare alquanto l'esercizio, dato il maggior tempo occorrente per passare da uno studio all'altro. Ad esso si dovrà forse in avvenire ricorrere necessariamente allorchè il centro da attrezzare sia destinato soprattutto all'attività televisiva, con cospicui movimenti di scene, ecc., ma quando si tratti di un centro a carattere prevalentemente radiofonico la costruzione intensiva su più piani risulta nettamente più conveniente. A questa ci si è perciò attenuti nel nuovo palazzo della Radio di Milano dove su 25 studi, tra grandi e piccoli, solo due sono utilizzati per la televisione.

L'edificio, costruito in due corpi di fabbrica affiancati (uno prevalentemente per uffici, l'altro prevalentemente per auditori), occupa un volume complessivo di oltre 52 000 m³, di cui circa 12 000 m³ sono utilizzati per ufficio e 24 000 m³ per servizi, magazzini e disimpegni vari. I rimanenti 16 000 m³ sono destinati, approssimativamente, metà e metà rispettivamente agli auditori e ai locali di regìa, sale amplificatori, impianti tecnologici, ecc. Il rapporto 1 : 1 tra queste due utilizzazioni sta a dimostrare l'organicità della concezione della costruzione e il pieno sfruttamento dello spazio disponibile.

Le caratteristiche più propriamente radiofoniche del palazzo si rivelano nei tre settori più significativi: nello schema dell'impianto di audio frequenza, nella disposizione e nel condizionamento acustico degli auditori, e nel complesso di alimentazione destinato ad assicurare la costanza di funzionamento. Di essi si tratterà più diffusamente negli articoli che seguono; rileviamone qui soltanto gli aspetti fondamentali.

Per ciò che concerne l'impianto di audio frequenza è opportuno soprattutto segnalare l'originalità dello schema e la notevole semplicità di esercizio. Si ricorderà che agli albori della radiofonia, gli impianti di ripresa venivano collegati direttamente ai trasmettitori mediante dei semplici pannelli di commutazione in quanto che gli studi utilizzati erano soltanto uno

o due e i trasmettitori ricevevano in generale il programma esclusivamente da questi studi. Più tardi, l'aumento del numero degli studi e la necessità di provvedere all'interconnessione delle diverse stazioni per mezzo di linee musicali interurbane ha portato alla necessità di dover creare dei veri e propri centri di commutazione attraverso i quali potevano passare ed essere smistati anche più programmi contemporanei.

Un esempio ben noto di questi impianti è quello della N.B.C. a New York; in Italia sono tipici esempi di tale soluzione i due grandi banchi di controllo realizzati nel 1939 nelle sedi della Radio Italiana di Roma e di Torino.

L'automaticità dei diversi comandi e la presenza di vari blocchi destinati a impedire errori di manovra avevano raggiunto in questi impianti la maggior perfezione traendo profitto dalle apparecchiature telefoniche automatiche ormai già pienamente sviluppate. Peraltro l'esperienza fatta durante l'esercizio pluriennale di tali impianti ha portato a rilevarne anche alcuni difetti, primi fra questi una certa staticità di funzionamento in quanto che il tecnico adibito al controllo di un determinato programma si trova distaccato dagli elementi responsabili del regolare andamento artistico del programma stesso e comunica con essi solo per mezzo dei telefoni interni o di segnalazioni.

La necessità di stringere maggiormente i rapporti tra tecnici e responsabili artistici delle trasmissioni ha portato, dapprima in Inghilterra, e quindi anche in altri paesi, fra cui l'Italia, a creare un abbinamento tra il posto del tecnico e il locale dove risiede il responsabile dei programmi.

Ciò si è concretato nella realizzazione della « continuity room » inglese, dell'« écran sonore » francese e dei « complessi continui » italiani; si tratta sostanzialmente di separare tra loro i tecnici incaricati della sorveglianza dei vari programmi e di affiancare invece ad ognuno di essi in apposita saletta, un annunciatore incaricato di sorvegliare il normale svolgimento della trasmissione intervenendo direttamente al momento opportuno per integrare i programmi che cessano in anticipo o per sostituire con mezzi di fortuna quelli che risultano difettosi.

Questo nome « continuo » che viene richiamato nella dicitura inglese e italiana sta proprio a significare che si cerca, con tale accorgimento, di eliminare quelle fastidiose interruzioni, inspiegabili per gli ascoltatori, che altre volte in impianti più rigidi si devono lamentare.

Da questa associazione del tecnico adibito alle commutazioni con uno studio di annunciatore è nata l'idea realizzata nella soluzione di Milano in cui si hanno non più due ma tre locali affiancati, destinati rispettivamente al tecnico, allo studio per annunci o conversazioni, e infine alla registrazione. Questi complessi, chiamati dalla destinazione dei vari locali « Complessi RST », consentono di concentrare in breve spazio tre delle funzioni principali di un impianto di audio frequenza: transito e commutazione dei programmi, generazione sul posto dei programmi parlati, e infine registrazione o di conversazioni che avvengono nel locale a fianco ovvero di programmi più vasti che avvengono in un qualsiasi altro auditorio del palazzo o provengono dalle linee musicali.

In altri termini, la creazione degli RST costituisce una notevole economia di spazio, di tempo e di personale poichè sono in generale gli stessi elementi tecnici adibiti al comando di una rete che possono controllare le conversazioni provenienti dallo studio a fianco, o viceversa è lo stesso elemento che provvede alla registrazione che può controllare la modulazione della conversazione da registrare che proviene dallo stesso studio a fianco. Nel palazzo di Milano sono stati installati otto complessi RST con la possibilità quindi di provvedere a far transitare o registrare otto programmi contemporanei diversi.

Altri particolari relativi all'impianto di audio frequenza verranno descritti più oltre; qui è bene ricordare ancora l'accentramento in pochi locali di tutti gli amplificatori così da assicurarne la massima facilità di manutenzione, nonchè il particolare dispositivo di supervisione che concentra in un unico quadro la visione delle manovre tecniche che si svolgono in tutto il palazzo.

Circa la distribuzione degli auditori, si è partiti dal concetto di accentrare nei vari piani i diversi generi (piano terreno e primo piano: televisione; secondo e terzo piano: musica; quarto e quinto piano: prosa), così da facilitare lo smistamento delle masse artistiche. Ad ogni auditorio principale è affiancato un piccolo auditorio per annunci o conversazioni, ciò che consente di utilizzare sempre la stessa sala regìa anche negli intervalli delle produzioni musicali o drammatiche.

Particolare cura è stata dedicata agli auditori per le riprese drammatiche alle quali, sin dall'inizio della radiofonia italiana, la sede di Milano si è dedicata in modo prevalente. Nel nuovo palazzo della Radio sono stati costruiti due complessi per riprese drammatiche ognuno dei quali comprende tre auditori affiancati: uno principale a tempo di riverberazione medio (regolabile entro certi limiti mediante pannelli girevoli alle pareti), uno a tempo di riverberazione molto elevato e uno, viceversa, a tempo di riverberazione molto basso.

Il palazzo comprende inoltre due camere d'eco, delle quali una si prolunga in un tubo lungo varie diecine di metri così da ottenere un certo ritardo tra la ripresa diretta e quella fatta all'estremità del tubo.

Per la musica si hanno tre auditori di dimensioni scalarmente decrescenti, i due primi dei quali possono essere collegati tra loro per una produzione a più scene.

Per la televisione, infine, sono realizzati due studi, uno grande e uno piccolo, e altri due (di cui uno per prove) sono attualmente in costruzione in una nuova ala del palazzo.

Particolarmente complesso è stato lo studio del condizionamento acustico dei vari locali destinati ad auditori o all'ascolto. Tramontata ormai da vari anni la pratica del massimo smorzamento dei suoni per mezzo di pannelli assorbenti, tendaggi, ecc., si cerca oggi di assicurare la massima comprensibilità dei suoni emessi pur mantenendo la vivacità e la naturalezza corrispondenti alle dimensioni della sala e alla produzione da effettuarsi.

Superfici policilindriche, vuote o piene a seconda che debbano funzionare anche come assorbenti di determinati suoni o solo come diffondenti, sfere e cilindri in gesso di dimensioni varie, scatole chiuse da stoffe poliviniliche, riflettenti più per le alte che per le basse frequenze, sono state disposte sulle pareti dei diversi locali, calcolandone in anticipo l'effetto, e misurando poi il risultato conseguito: nei pochi casi

in cui questo non corrispondeva esattamente a quello, se ne è ricercata la causa e si è provveduto a riportarsi alle condizioni migliori.

Altri problemi sono sorti per l'isolamento acustico tra locale e locale specie tra quelli collegati da finestre di osservazione o da porte. Anche tali problemi dopo varie misure di laboratorio sono stati risolti felicemente.

L'impianto centrale di alimentazione, della potenza di 60 kVA, che viene descritto particolareggiatamente più oltre, è destinato ad assicurare sia la assoluta costanza di frequenza agli impianti di registrazione in modo da evitare spiacevoli effetti di cambiamenti di tonalità nell'incisione o nella riproduzione, sia la regolare fornitura di energia, anche in caso di anomalie sulla rete esterna, agli impianti di amplificazione, ai servizi essenziali, alla luce di emergenza, ecc.

Fondamentalmente lo schema di tale impianto consiste in due gruppi di conversione, rispettivamente dalla corrente alternata della rete esterna a 220 V a corrente continua 60 V, e da questa a una distribuzione interna indipendente a corrente alternata, sempre a 220 V, perfettamente stabilizzata in frequenza a 50 periodi.

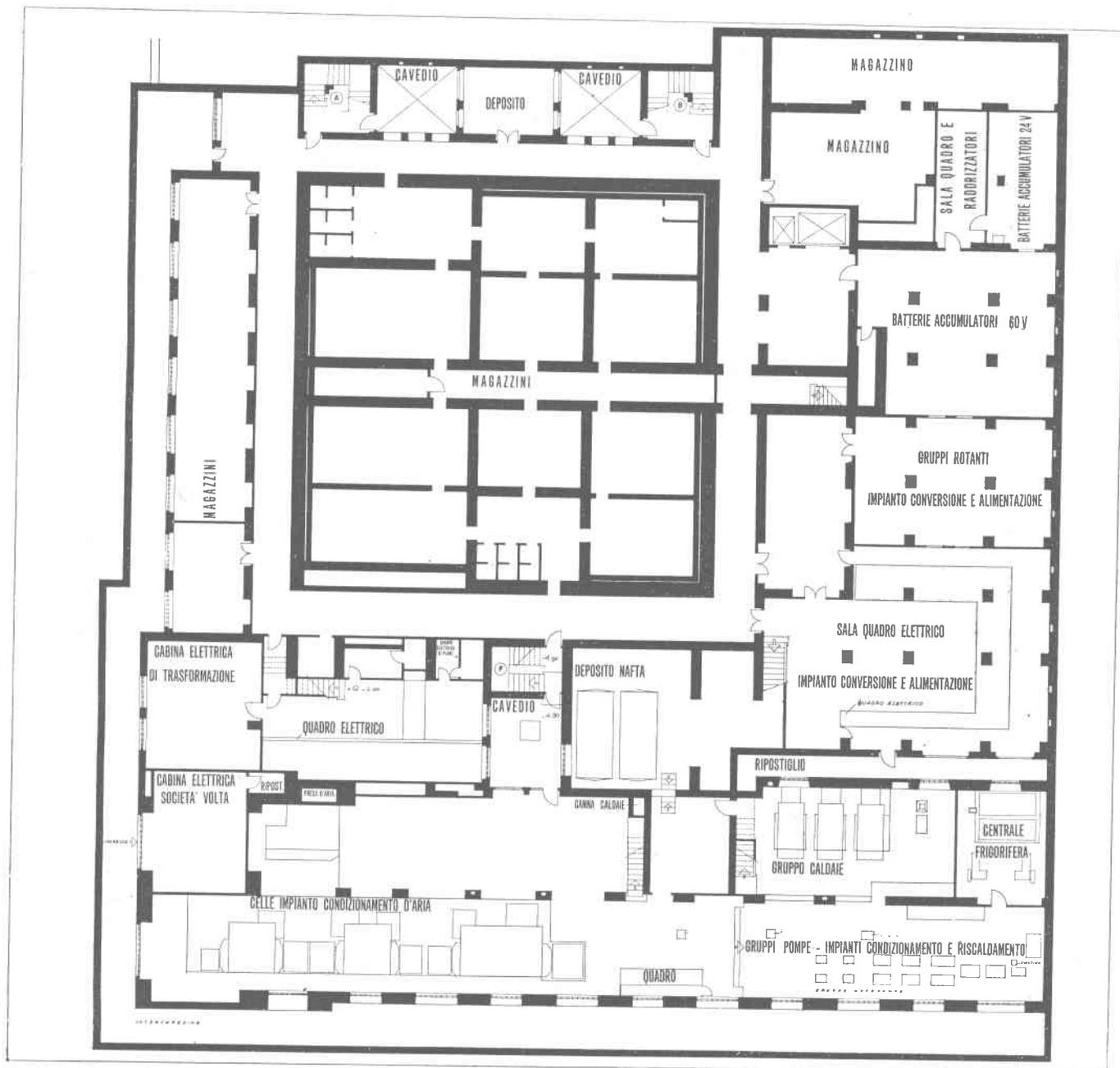
Nel circuito a corrente continua sono inserite delle batterie che garantiscono la continuità dell'alimentazione anche se manca la rete esterna. In questo caso il primo gruppo di conversione inverte il suo funzionamento e alimentato anch'esso dalle batterie riproduce la corrente alternata per le apparecchiature che sono normalmente inserite prima della conversione poichè non necessitano di assoluta costanza di tensione e frequenza. Naturalmente in tale evenienza la rete esterna viene automaticamente distaccata fino al ritorno della regolare alimentazione. Le batterie possono da sole servire l'impianto per circa 30 minuti: per sospensioni o interruzioni di maggiore durata interviene un apposito motore Diesel.

Tra gli altri impianti tecnologici realizzati nel nuovo palazzo, una speciale segnalazione merita infine quello di condizionamento d'aria, dotato di una centrale frigorifera di 160 000 frigorie. I problemi da risolvere sono stati molteplici, sia per la necessità di adattarsi a condizioni ambientali diverse da locale a locale (si pensi ad esempio alla necessità di smaltire il calore prodotto dalle forti lampade di illuminazione richieste dalla televisione) o anche nello stesso locale a seconda dell'affollamento, sia per assicurare il massimo isolamento acustico tra auditori diversi nonostante la comunanza o l'incrociarsi di percorsi dei tubi di adduzione o di aspirazione dell'aria.

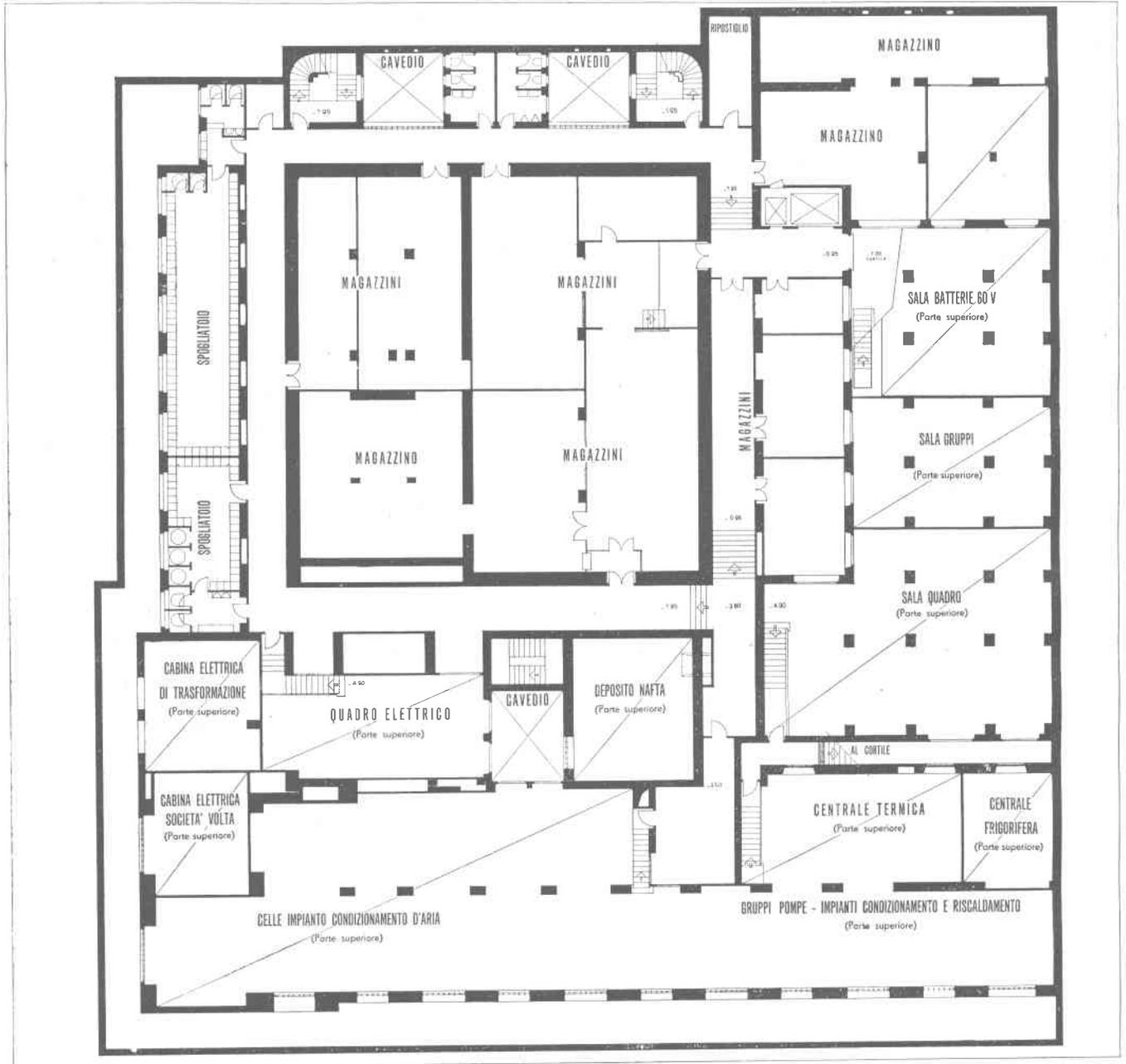
(137)

Il nuovo palazzo della Radio di Milano.

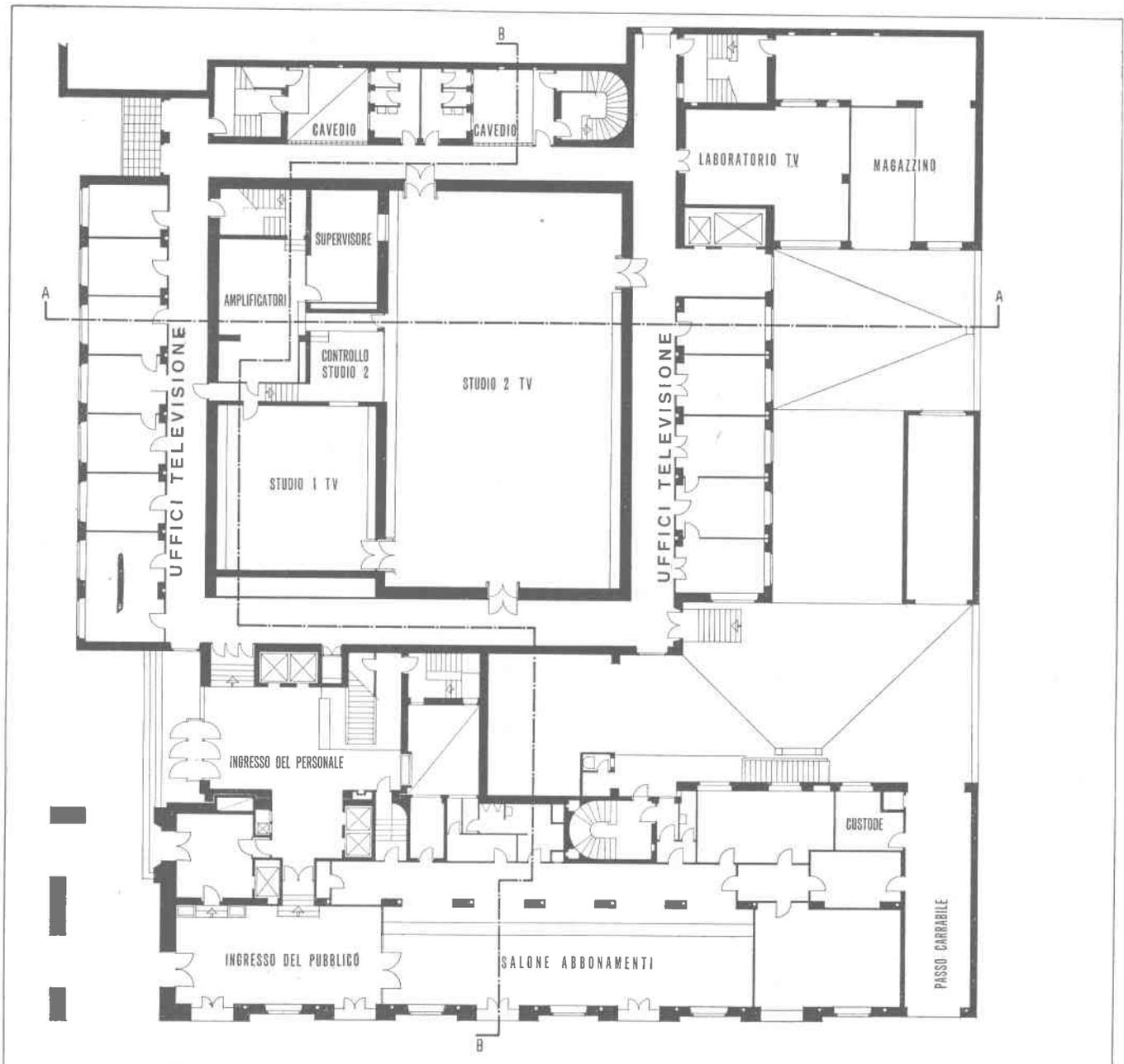
PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL II SOTTERRANEO

La centrale termica è costituita da 3 caldaie a nafta del tipo marina da 45 m² ciascuna per un totale di 1.350.000 calorie/ora.
La centrale frigorifera comprende due compressori da 80.000 frigorie/ora cadauno.
La distribuzione e il trattamento dell'aria condizionata avviene attraverso 8 celle.
A fianco della cabina di trasformazione da 500 kW si ha il quadro elettrico generale di distribuzione forza, luce e luce industriale.
Sul fianco destro sono collocati i gruppi, le batterie e il quadro elettrico del complesso di alimentazione e conversione dell'impianto di audiofrequenza.

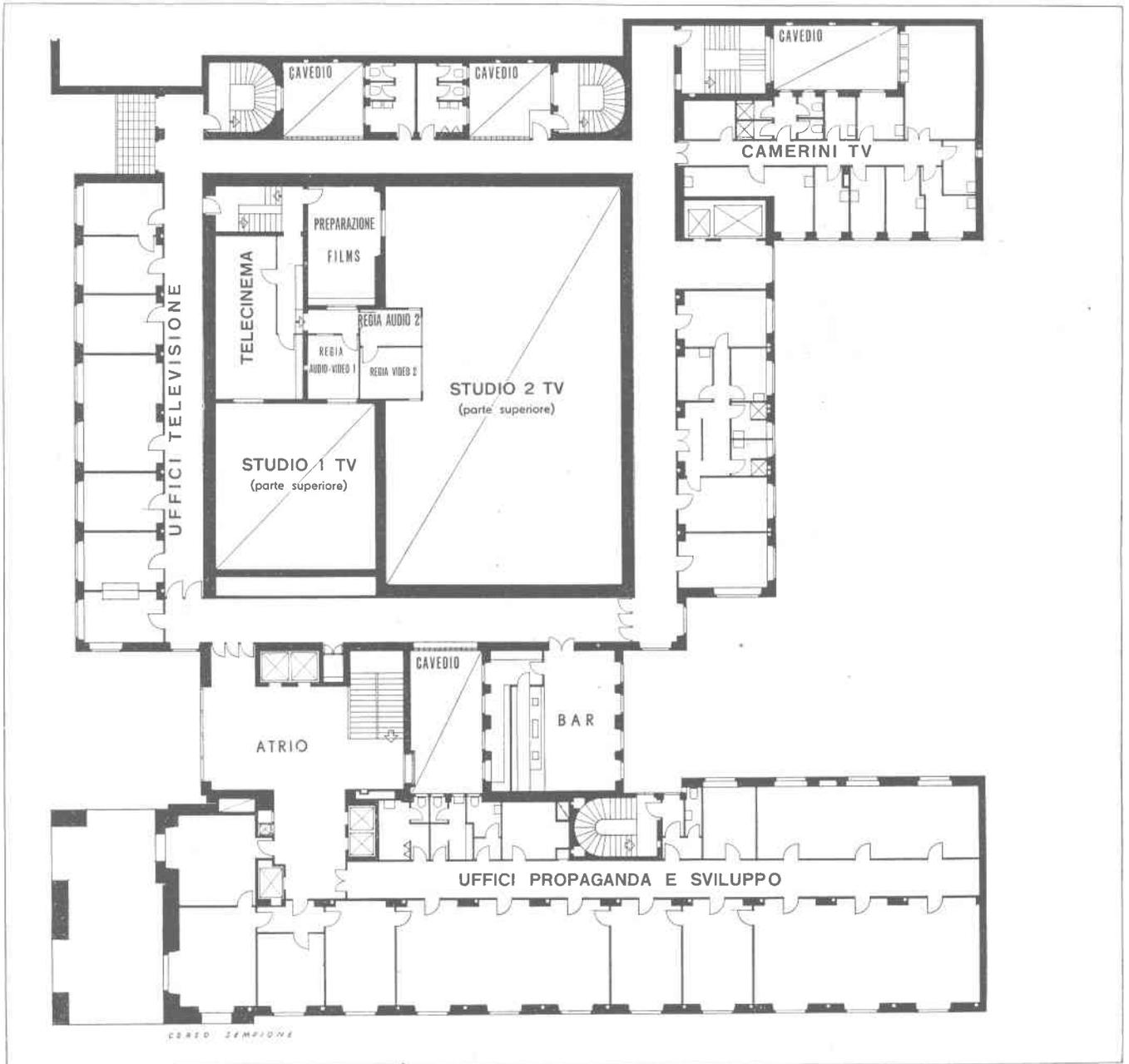
PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL I SOTTERRANEO

Riservato esclusivamente a magazzini e spogliatoi operai, dato che gli impianti tecnologici installati nel II sotterraneo occupano l'altezza di due piani.

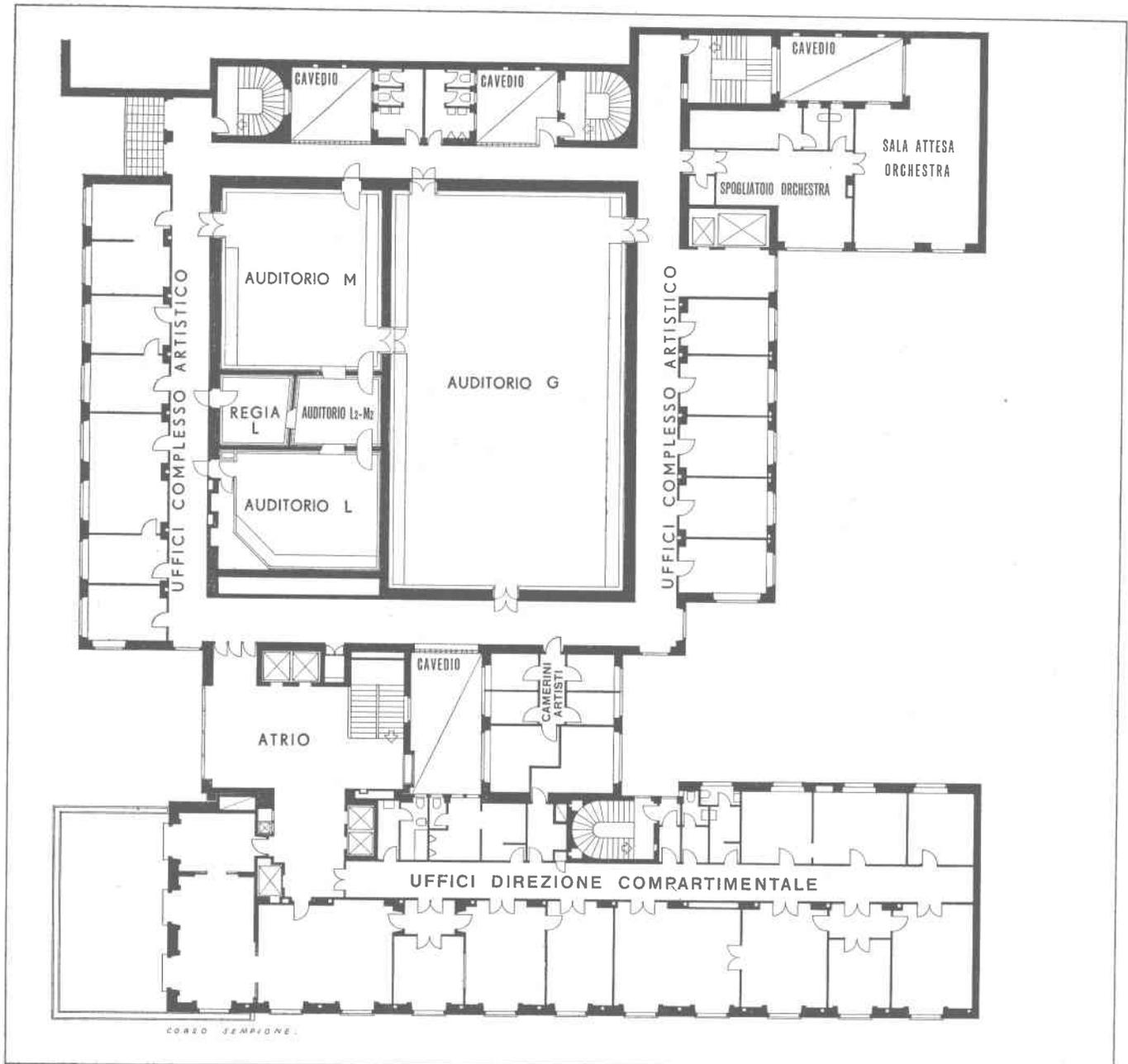
PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL PIANO TERRA

Il corpo uffici (in basso) è riservato al reparto acquisizioni; il corpo studi alla televisione.
I due studi hanno rispettivamente un volume di 500 m³ e 2000 m³.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL I PIANO

Il corpo centrale è riservato ai complessi televisivi e il corpo uffici alla propaganda e sviluppo che viene così a trovarsi in stretto contatto con il corrispondente settore sistemato al piano terra.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL II PIANO

Nel corpo degli studi si hanno i tre auditori per la musica: G di 1800 m^3 destinato a musica varia e varietà, M di 460 m^3 destinato a piccoli complessi ed L di 147 m^3 per musica da camera.

Nel lato uffici è sistemata la Direzione Compartimentale di Radio Milano.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL III PIANO

Unitamente agli altri uffici del complesso programmi e relativi archivio musica, spogliatoi, ecc., trovano posto gli uffici del Giornale Radio con le particolari attrezzature (cabine telefoniche, telescriventi, sala stenografi, ecc.) specifiche di questo settore.

Nel corpo centrale è stata ricavata, oltre alle regíe degli auditori G ed M, la sala centralizzata degli amplificatori microfonici di tutti i complessi destinati alle trasmissioni musicali.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL IV PIANO

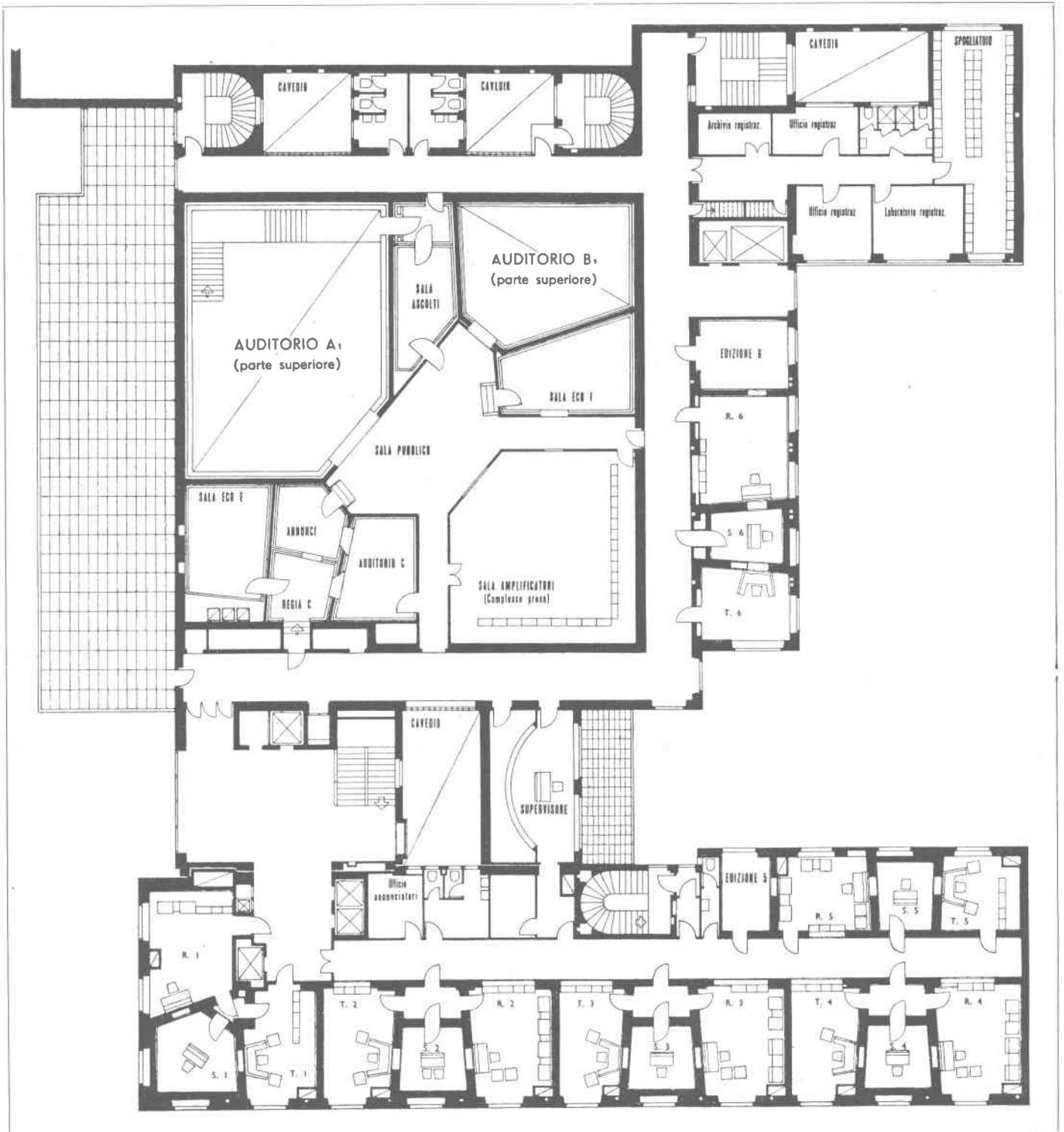
La parte uffici è stata riservata al complesso tecnico.

Nel corpo centrale, oltre ai due RST n. 7 e 8, sono realizzati i due complessi A e B destinati alla generazione dei programmi di prosa e comprendenti ognuno tre auditori di diverse caratteristiche acustiche, e cioè: medie, riflettenti, assorbenti.

Il volume dei singoli auditori è il seguente:

A^1: 792 m^3 - A^2: 170 m^3 - A^3: 45 m^3
B^1: 280 m^3 - B^2: 82 m^3 - B^3: 34 m^3

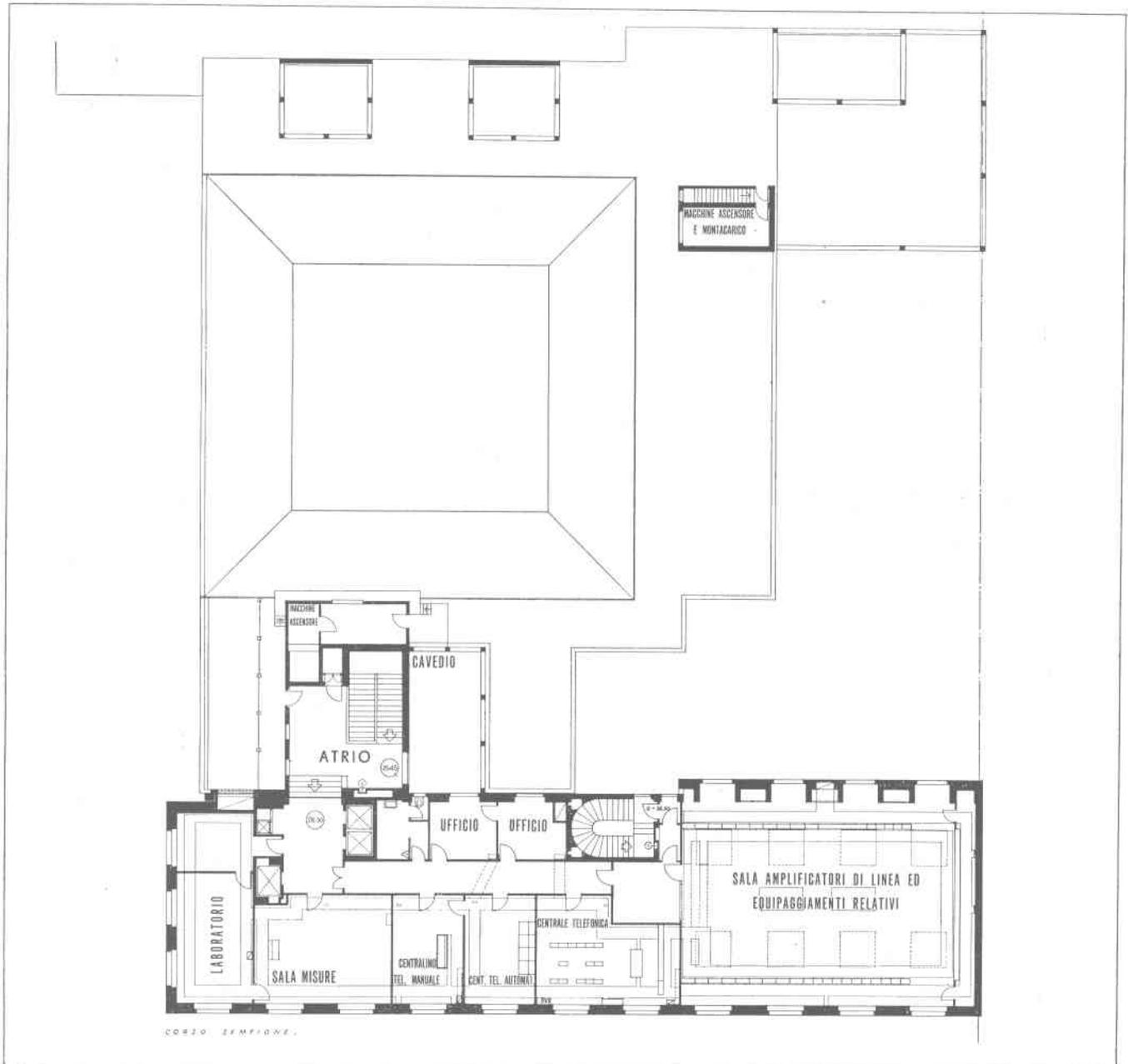
PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL V PIANO

In questo piano, con una radicale trasformazione del corpo uffici, sono stati ricavati 5 complessi RST.

Si può notare l'ubicazione centrale, rispetto agli RST, data al Supervisore che è chiamato a controllare le manovre che vengono eseguite dai vari posti dei tecnici.

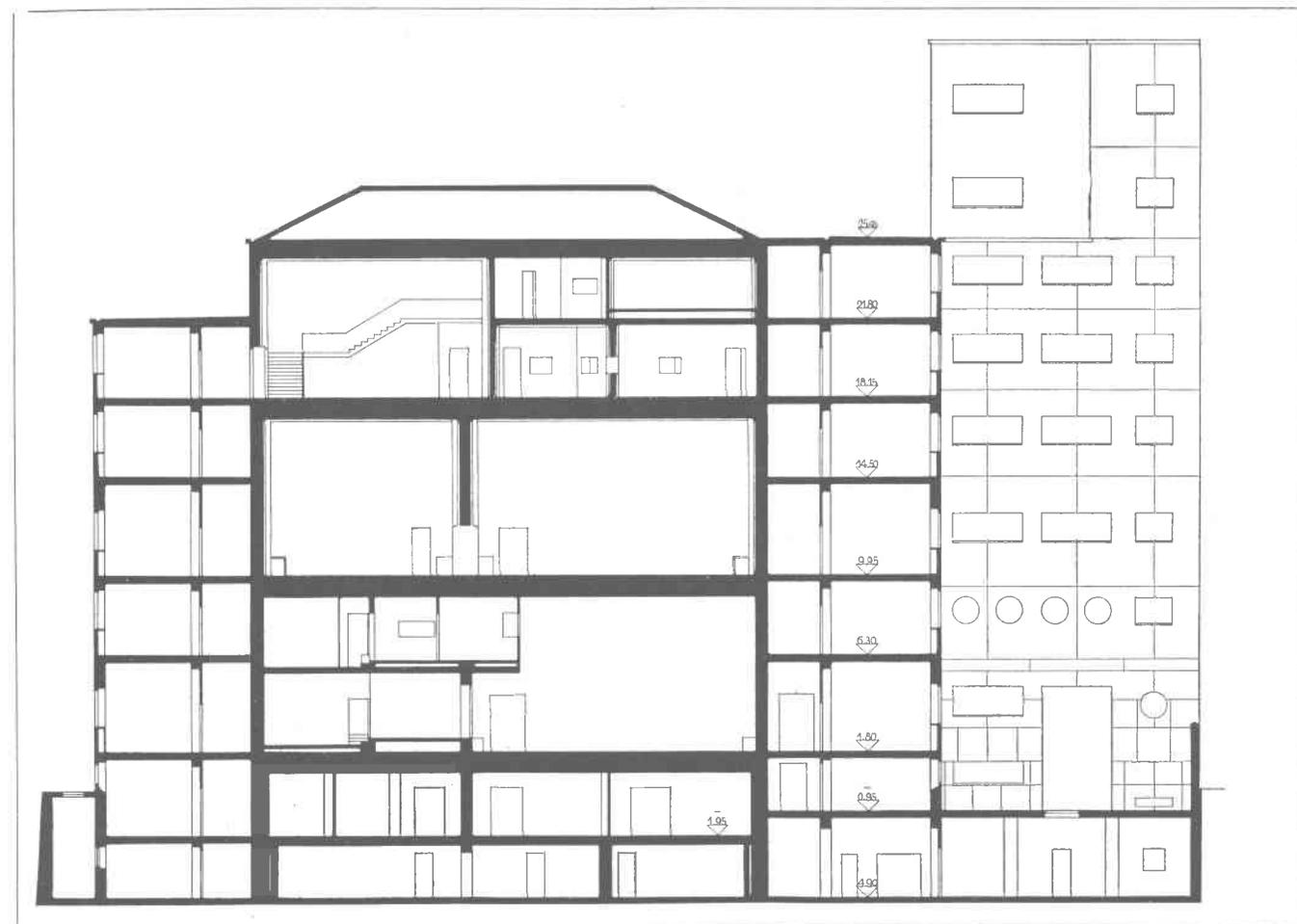
Nel corpo studi, oltre ai vani degli auditori maggiori (A^1 e B^1), si hanno: l'auditorio C per dibattiti radiofonici (70 m^3); 2 sale eco, la sala amplificatori ed equipaggiamenti relativi dei complessi prosa, il sesto RST, ecc.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PIANTA DEL VI PIANO

In questo piano sono stati ricavati i locali per contenere gli equipaggiamenti centralizzati dell'impianto di audiofrequenza.
Infatti, oltre alla sala centralizzata degli amplificatori di linea e dei conseguenti organi di correzione e di permutazione, sono stati installati la centrale automatica per la ricerca dei programmi e la centrale telefonica speciale per il servizio fra gli RST e i posti di ripresa microfonica. L'arrivo in questo piano di tutti i cavi interni ed esterni ha consigliato altresì di installare in esso anche i centralini automatico e manuale per i servizi telefonici comuni.

PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

SEZIONE A-A

SEZIONE B-B

Nota: Le linee di sezione sono indicate nella pianta del piano terreno.

L'IMPIANTO DI AUDIOFREQUENZA DEL PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

GIAN BATTISTA COLLI
della RAI

L'impianto di audiofrequenza del nuovo Palazzo della Radio di Milano può essere considerato come costituito da tre tipi distinti di apparecchiature, che si possono chiamare rispettivamente:

a) equipaggiamenti RST (Registrazione-Studio-Tecnico);

b) equipaggiamenti di regìa;

c) equipaggiamenti comuni.

1. Equipaggiamenti RST.

L'impianto dispone di otto complessi, chiamati RST, ciascuno dei quali è costituito da tre salette affiancate, attrezzate rispettivamente:

— la prima come sala di registrazione (R);

— la seconda come auditorio (S);

— la terza come stanza del tecnico addetto al controllo ed allo smistamento dei programmi (T).

La figura 1 mostra uno di tali complessi, come è visto dal posto del tecnico; mentre uno schema semplificato dei circuiti relativi è tracciato nello schema generale di principio dell'impianto riprodotto nella figura 2. Con riferimento a questo schema si possono spiegare i criteri funzionali dei complessi in discorso.

A) *Sala di registrazione R.* — È equipaggiata con un tavolo di controllo e dosaggio dal quale possono essere occupate automaticamente tutte le linee foniche interne ed urbane di cui è dotato l'impianto (30 linee), allo scopo di consentire la ricezione diretta, senza cioè impegnare i posti di smistamento, della modulazione da registrare.

La sala è dotata poi a questo scopo di due macchine di registrazione su nastro magnetico, di due macchine di registrazione su disco, e di un certo numero di macchine di riproduzione (fino ad un massimo di sei per sala). In ciascuna sala R è quindi anche possibile

Fig. 1. — Uno degli otto complessi RST: in primo piano la sala del tecnico (T); attraverso la finestra di osservazione lo studio (S); indi la sala di registrazione (R).

riprodurre un qualunque programma già registrato che, accompagnato eventualmente da annunci effettuati nello studio S adiacente, il tecnico della sala T del complesso smista sui circuiti di collegamento con i trasmettitori a cui il programma è destinato.

Il tavolo di controllo e dosaggio ed i relativi equipaggiamenti sono stati progettati ed attuati in modo da consentire con facilità l'esecuzione dei cosiddetti riversamenti, cioè il trasferimento totale o parziale di una registrazione sopra un altro supporto, specialmente al fine di attuare dei fonomontaggi. La figura 3 mostra la disposizione delle macchine di registrazione di una sala R; la figura 4 mostra invece la disposizione nella stessa del tavolo di controllo e di dosaggio e delle macchine di riproduzione.

B) *Studio S.* — È un piccolo auditorio per annunciatori (vedi figura 17 dell'articolo seguente) che può essere occupato sia dall'R che dal T del complesso RST a cui appartiene. Il circuito è attuato in modo da impedire che lo studio possa essere occupato contemporaneamente dalle due sale. Lo studio stesso è dotato di un banco provvisto degli organi per la trasmissione microfonica e di quelli per l'ascolto. L'annunciatore può scegliere automaticamente, per l'ascolto, il programma che lo interessa, derivandolo da uno qualsiasi dei cento punti di inserzione di cui è equipaggiata la centrale automatica di ascolto del palazzo. Allo studio può essere anche inviato direttamente dall'R o dal T del complesso il programma di più immediato interesse, cioè quello della rete a cui l'RST è momentaneamente addetto. Il canale di ascolto ed i relativi equipaggiamenti di comando sono stati, infine, studiati in modo da permettere una spedita conversazione fra lo studio e le altre due sale.

C) *Sala del tecnico T.* — È equipaggiata con un tavolo di controllo e smistamento che consente di ricevere, attraverso due sbarre di transito, uno o due programmi da una qualunque delle 60 linee (ampliabili ad 80) di cui è dotato l'impianto; e di inviarlo a quelle delle 40 linee uscenti (ampliabili a 50) a cui il programma interessa. I circuiti fonici e i circuiti di comando sono stati attuati in modo da impedire, anche in caso di manovre errate, l'invio simultaneo di due modulazioni diverse sulla stessa linea. Il tavolo di una sala T è riprodotto nella figura 5: su di esso sono visibili gli organi di attacco alle linee entranti e uscenti; gli strumenti (VU Meters) per la lettura dei livelli sulle due sbarre; gli organi di ascolto, costituiti da un piccolo altoparlante per ciascuna sbarra; i comandi per l'occupazione dell'auditorio. Il tavolo è attrezzato altresì di un dosatore a tre entrate (uno per il canale microfonico dello studio e due per due fonoriproduttori installati nella stessa sala) che consente al tecnico di generare, se necessario, un breve programma riempitivo senza dover impegnare una regìa o un altro punto di ripresa. L'ascolto di qualità è effettuato a mezzo del grosso altoparlante montato sopra la finestra di osservazione verso lo studio.

Fig. 3. — Macchine di registrazione di una sala R ed equipaggiamenti relativi.

Fig. 4. — Macchine di riproduzione e tavolo di controllo e di dosaggio di una sala R.

Fig. 5. — Tavolo di controllo e smistamento ed equipaggiamenti di una sala T.

Gli equipaggiamenti dei complessi RST sono stati progettati e costruiti dalla SIEMENS Italiana in base ai seguenti criteri fondamentali:

— *per le linee entranti:*

1) se una sbarra è stata occupata con una linea, nessun'altra linea può essere presa sulla stessa sbarra;

2) se una linea è stata presa da un posto su una sbarra, essa non può essere presa da nessun altro posto in cui è multiplata premendo il pulsante corrispondente; la stessa linea può però essere presa tirando il pulsante, da tutti gli altri posti (su una qualsiasi delle sbarre se non occupata) o dal posto stesso (sull'altra sbarra).

— *per le linee uscenti:*

1) ogni posto può prendere su qualsiasi sbarra tutte le linee uscenti che desidera;

2) se una linea è occupata da un posto su una sbarra, essa non può più venir presa dagli altri tavoli premendo il pulsante corrispondente. La stessa linea può però essere presa tirando il pulsante da tutti gli altri posti di lavoro e dallo stesso posto sull'altra sbarra.

2. Equipaggiamenti di regìa.

Il corpo del fabbricato destinato agli auditori è diviso in tre blocchi distinti: due per la produzione radiofonica, e più precisamente uno per le produzioni musicali e l'altro per la prosa; uno per le produzioni televisive. Quest'ultimo verrà descritto più tardi nella presente rivista, poichè le relative apparecchiature sono ancora in fase di allestimento.

Il blocco per le trasmissioni musicali è composto di tre auditori e precisamente:

a) un grande auditorio (denominato G) con annesso un piccolo auditorio per annunci ed una regìa visibile nella figura 6;

b) due medi auditori (denominati M e L) con regìe indipendenti e un auditorio per annunci in comune, che però può essere occupato da una sola delle due regìe, a scelta.

Il blocco per le trasmissioni di prosa comprende:

a) due complessi prosa (denominati A e B) ciascuno dei quali composto da un regìa e da tre auditori (A1, A2, A3 - B1, B2, B3) rispettivamente condizionati acusticamente in modo diverso come detto in altra parte del fascicolo;

b) un complesso per dibattiti (denominato C);

c) un complesso d'eco (denominato E);

d) un complesso eco-ritardo (denominato F).

Un'idea generale degli equipaggiamenti tecnici di regìa si ha esaminando la figura 7 che rappresenta lo schema di principio dei circuiti fonici del complesso prosa A.

Tutti i complessi di regìa, anch'essi progettati e costruiti dalla Siemens, sono stati per ovvie ragioni realizzati con gli stessi criteri funzionali fondamentali. Tali criteri e le speciali particolarità possono così essere riassunte:

Fig. 6. — Regìa dell'auditorio G.

A) *Segnalazioni.* — Le segnalazioni fondamentali dei complessi di regìa adottate nell'impianto sono:

a) segnalazione di pronto ovvero « silenzio » (verde);

b) segnalazione di trasmissione (rossa);

c) segnalazione di sospensione (bianca);

d) segnalazione di prova (gialla). Durante la posizione corrispondente a tale segnalazione è possibile far funzionare l'intero equipaggiamento senza che la modulazione raggiunga gli RST, lasciando però a questi ultimi la possibilità di predisporre l'occupazione dell'auditorio.

B) *Effetti di eco* (ottenibili dai complessi G, L, M, A, B). — Sono realizzabili mediante l'occupazione automatica del complesso E da parte di una delle predette regìe, le quali possono inviare all'E la modulazione prodotta e riceverla di ritorno per l'introduzione nel canale di trasmissione, con l'effetto desiderato. A tale riguardo il canale d'eco è dotato di un sistema di filtri (comandato a distanza dal regista che ha occupato l'eco), che può modificare la curva di risposta secondo una qualunque delle 25 combinazioni ottenibili come mostra il diagramma teorico della figura 8.

Gli equipaggiamenti sono realizzati in modo da consentire l'occupazione del complesso d'eco da parte di una soltanto delle cinque regìe suaccennate, così

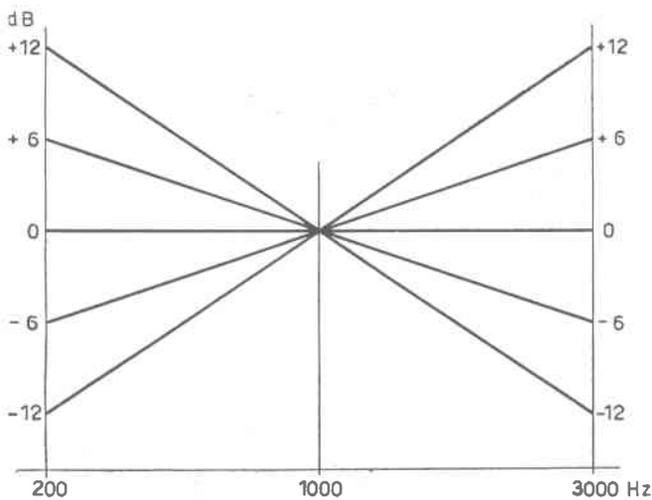



Fig. 8. — Curve teoriche di risposta del sistema di filtri di effetto del complesso di eco e del complesso di eco-ritardo.

che se il complesso è occupato da una regìa, le altre regìe, oltre a ricevere la segnalazione di occupato, siano materialmente impedite (anche se premono il relativo pulsante) di occupare il complesso.

C) *Effetti di eco-ritardo* (per le regìe A e B). — Si ottengono mediante l'occupazione del complesso F. Tale complesso può funzionare comandato direttamente dalle regìe A e B e cioè in modo analogo a quanto sopra descritto per il complesso E, ovvero per tramite di un regista supplementare.

In questo caso il regista supplementare ha la possibilità di variare il tempo d'eco riprendendo la modulazione oltre che dalla stanza F anche da un tubo (alimentato mediante altoparlante dalla stanza stessa) della lunghezza di circa trenta metri entro il quale sono stati piazzati a diversa distanza tre microfoni.

Anche questo complesso è dotato di filtri elettrici, come quelli descritti più sopra, comandabili a distanza dai tavoli di regìa A e B e dal tavolo del regista supplementare.

D) *Canali di ascolto e di comando.* — Sono stati previsti per tutti gli auditori ai quali, mediante comando del proprio regista, può essere inviata la modulazione che deve essere ascoltata.

Tale ascolto in auditorio può avvenire solo se l'auditorio non è in trasmissione. Per i complessi prosa A e B il canale di ascolto in auditorio è realizzato in modo tale da consentire di inviare a basso livello, anche se l'auditorio è in trasmissione, sia il programma prodotto negli altri auditori dello stesso complesso, sia l'uscita del canale dei riproduttori. Questo sistema è particolarmente utile per le trasmissioni di prosa in quanto consente di creare in tutti gli auditori interessati nella trasmissione l'ambiente necessario.

Il regista per conto suo, attraverso il proprio altoparlante, può ascoltare direttamente in uno qualunque dei punti previsti (uscita singoli studi, uscita generale ecc.) ivi compresa l'uscita « singola » di ciascun riproduttore. Quest'ultima particolarità consente come è ovvio di ascoltare in prova da un riproduttore, anche se gli altri sono già inseriti nel canale di trasmissione.

3. Equipaggiamenti comuni.

Gli equipaggiamenti comuni possono così essere elencati:

A) permutatore ad incroci;

B) centrale automatica per ascolto programmi;

C) amplificatori dei circuiti urbani ed interurbani entranti e uscenti;

D) supervisore;

E) centrale telefonica automatica speciale per posti RST.

Esaminiamo separatamente questi equipaggiamenti, soffermandoci brevemente solo sulle loro caratteristiche tecniche specifiche e sui nuovi criteri costruttivi adottati rispetto agli altri impianti del genere precedentemente realizzati dalla Radio Italiana.

A) *Permutatore ad incroci* (vedi figure 9 e 10). — È nota la funzione, negli impianti radiofonici, del permutatore ad incroci che consente di permutare con la massima rapidità qualsiasi coppia dei cavi urbani e interurbani con qualsiasi equipaggiamento interno dell'impianto.

Il permutatore ad incroci, la cui utilità è maggiormente sentita negli impianti radiofonici di grande mole, si differenzia sostanzialmente dai normali permutatori di tipo telefonico in quanto consente l'esecuzione di qualsiasi giunzione senza l'uso di cordoni e con semplice inserzione di una spina nella presa corrispondente al punto di incrocio.

Il permutatore ad incroci del nuovo impianto di audiofrequenza di Milano è concettualmente e costruttivamente diverso dai permutatori degli altri impianti della Radio Italiana. Esso infatti, anzichè sfruttare le prese e le spine a « croce svizzera », è costituito da una presa ad un solo foro cilindrico e da una spina corrispondente che portano lungo le generatrici i dieci contatti necessari per la chiusura dei contatti fonici e dei contatti di segnalazione.

Questo nuovo sistema di permutatore ad incroci, realizzato dalla ditta ARES di Torino, presenta rispetto al precedente tipo alcuni vantaggi sostanziali che possono così essere riassunti:

— preventiva segnalazione (prima della chiusura dei contatti fonici) della posizione (libero od occupato) dell'incrocio corrispondente al punto in cui si desidera fare la giunzione;

— maggiore semplicità dell'impianto, per effetto della mancanza di relé aggiuntivi e di cablaggi;

— fortissima riduzione del numero delle lampade di segnalazione con conseguente riduzione del consumo;

— minor spazio occupato;

— maggior semplicità sia per la manutenzione ordinaria sia per la sostituzione eventuale delle prese;

— assenza sui telai di corrente alternata;

— visione panoramica più rispondente alla realtà per effetto dell'accensione delle lampade di segnalazione nel punto in cui è effettivamente avvenuto il collegamento delle coppie foniche (orizzontale e verticale).

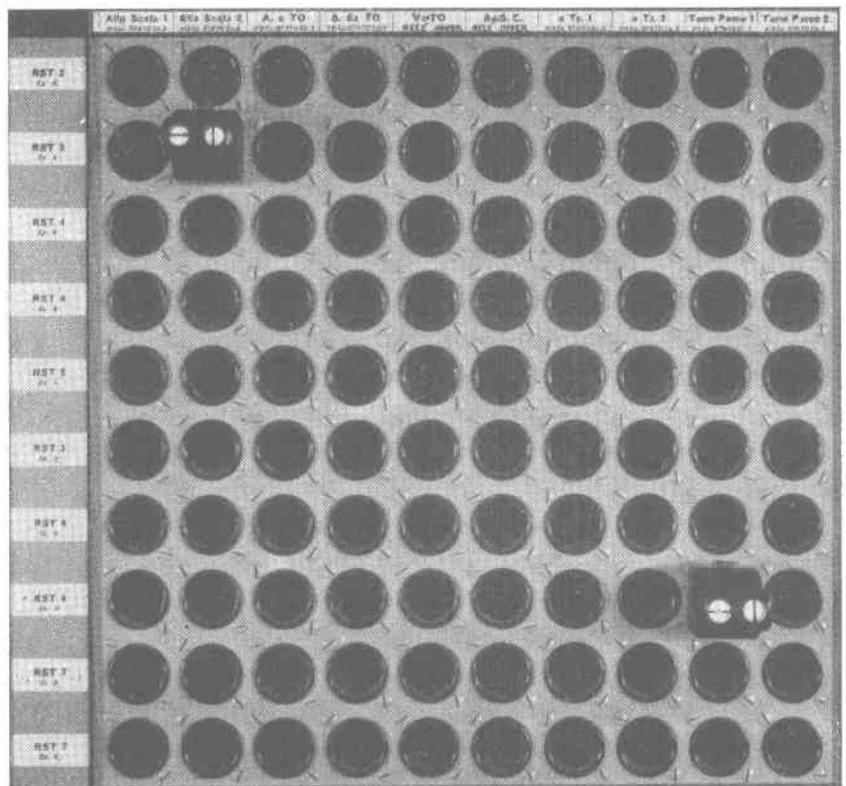



Fig. 9. — Un pannello da 100 (10 × 10) incroci del permutatore.

B) *Centrale automatica per l'ascolto dei programmi.* — Consente agli utenti (60) di scegliere il programma da ascoltare fra uno qualunque dei 100 punti di possibile ascolto. Il sistema adottato è quello di utilizzare per ogni utente un selettore a sollevamento e rotazione (100 posizioni) comandato a distanza dall'utente stesso mediante un comune disco combinatore telefonico. Il posto di utente è dotato anche di un indicatore luminoso che consente all'interessato di controllare l'esatta rispondenza fra il numero composto e la posizione del selettore corrispondente al programma scelto. La centrale è anche dotata di un complesso speciale, destinato al supervisore, per la ricerca rapida dei programmi, che, anzichè dal disco combinatore, è comandato da pulsanti così da consentire il passaggio da un programma all'altro in brevissimo tempo (massimo 300 ms) cosa non ottenibile mediante il normale sistema sopra accennato.

Fig. 10. — Sezioni di una presa e di una spina del nuovo sistema di permutazione a incroci.

C) *Amplificatori per circuiti urbani e interurbani.* — Tali amplificatori, come peraltro tutti gli altri delle singole catene degli RST e dei complessi di regìa, costruiti dalla AET di Torino, sono stati realizzati meccanicamente identici tra loro e con sistema completamente nuovo rispetto a quelli finora adottati dalla Radio Italiana per gli altri suoi impianti del genere.

Le incastellature (come si vede dalle figure 11 e 12, la prima delle quali rappresenta la sala amplificatori dei complessi prosa, e la seconda la sala centralizzata degli amplificatori di linea) sono del tipo ad armadio.

Gli amplificatori, rappresentati nella figura 12, sono del tipo ad innesto, su guide isolate dall'incastellatura, così che in esercizio risultano elettricamente isolati da essa onde evitare che per cattivo ritorno di terra (il circuito di terra è fatto in sbarra di rame isolata dall'incastellatura) possano essere peggiorate le condizioni di diafonia richieste.

Le caratteristiche principali degli amplificatori possono essere così riassunte:

Caratteristiche comuni per tutti gli amplificatori (A, B, C, D) dell'impianto:

Andamento curva guadagno-frequenza, misurata fra un generatore di resistenza equivalente alle possibili impedenze di ingresso dell'amplificatore e con amplificatore chiuso sulle sue possibili impedenze di uscita	fra 50 e 10 000 Hz non superiore ± 0,5 dB; fra 30 e 15 000 Hz non superiore a ± 1 dB

Distorsione massima per il livello massimo di uscita, a guadagno massimo e minimo e alle possibili impedenze di entrata e uscita	fra 50 e 15 000 Hz non superiore a 0,5%; fra 30 e 50 Hz non superiore a 1%
Rumore di fondo	non superiore a — 130 dB rispetto al livello zero per gli amplificatori A ed a — 120 dB per gli altri amplificatori

Per gli amplificatori A e B:

Impedenza di entrata fra 30 e 15 000 Hz	50/125/200/500 Ω
Guadagno (amplificazione di tensione dell'amplificatore per ingresso 125 Ω e per uscita 125 Ω)	50 dB
Livello di uscita per impedenza di 125 Ω	+ 12 dB

Per gli amplificatori C:

Impedenza di entrata fra 30 e 15 000 Hz	10 000 Ω
Guadagno dell'amplificatore per chiusura dello stesso su un carico di 50 Ω	20 dB, variabili mediante potenziometro a 10 tacche da 2 dB ciascuna
Livello di uscita massimo con chiusura di 50 Ω	+ 20 dB

Per gli amplificatori D:

Impedenza di entrata fra 30 e 15 000 Hz	10 000 Ω
Guadagno dell'amplificatore per chiusura dello stesso su 125 Ω . .	0 dB con possibilità mediante punto di saldatura di portarlo a 10 dB
Livello massimo di uscita per una impedenza di carico di 125 Ω . .	+ 12 dB

Fig. 11. — Sala degli amplificatori e degli equipaggiamenti dei due complessi prosa, delle stanze di eco e dell'auditorio per dibattiti.

Fig. 12. — Sala centralizzata degli amplificatori delle linee entranti e uscenti e dei corrispondenti relé fonici. Sullo sfondo il permutatore a incroci.

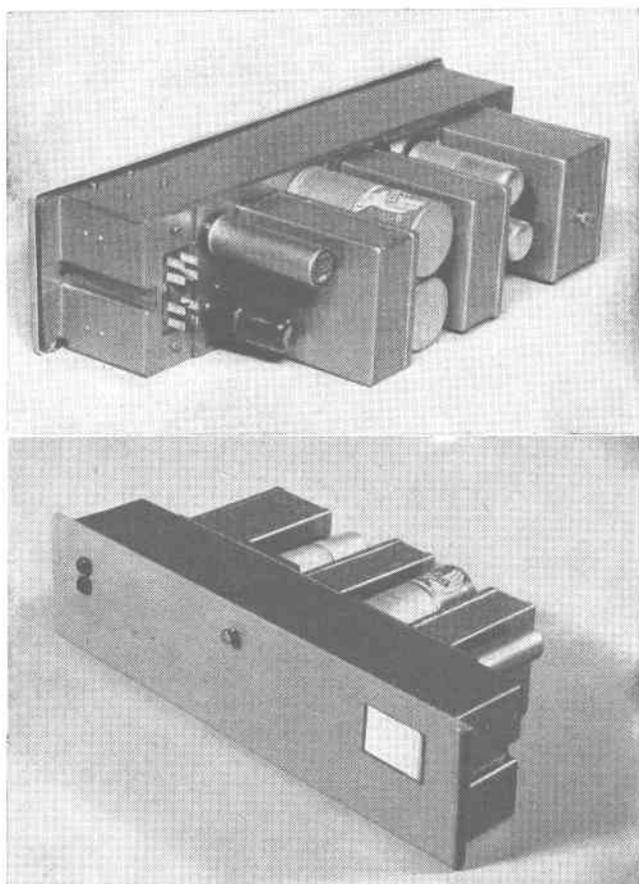



Fig. 13. — Vista anteriore e posteriore di un amplificatore musicale.

Su ogni incastellatura (del tipo ad armadio con porta posteriore di chiusura) possono essere inseriti fino a dieci amplificatori indifferentemente dei tipi A, B, C, D utilizzati nell'impianto. Questa particolarità — che ovviamente è del massimo interesse soprattutto per le operazioni di manutenzione — è resa possibile sia dalla uniformità costruttiva degli amplificatori sia dal sistema di cablaggio adottato. Le incastellature contengono inoltre il pannello lampade di segnalazione; il pannello boccole per il sezionamento delle entrate e delle uscite degli amplificatori nonchè delle quattro coppie foniche utilizzate quali « multipli » nell'impianto; lo strumento per la lettura delle correnti anodiche di tutte le valvole degli amplificatori; ed infine il pannello per le alimentazioni. Quest'ultimo pannello oltre a consentire il sezionamento di ogni amplificatore è stato costruito in modo che con piccole aggiunte esso può diventare un vero e proprio alimentatore integrale e fornire cioè anche l'alimentazione anodica oggi data (come particolareggiatamente descritto in altra parte del presente fascicolo) dalle dinamo anodiche dell'impianto generale di alimentazione e conversione.

Il carico anodico assorbito dal telaio è mantenuto costante, qualunque sia il numero degli amplificatori effettivamente inseriti, grazie al sistema con cui è stato costruito il predetto pannello per le alimentazioni.

Un'altra particolarità e innovazione della attuazione dei telai amplificatori rispetto alle varie soluzioni finora adottate negli altri impianti di audiofrequenza della Radio Italiana consiste nella abolizione delle strisce schermate per la terminazione delle coppie

foniche sul telaio. I cavi interni ed esterni al telaio giungono infatti direttamente alle boccole di sezionamento; è stato così ridotto al minimo, pur lasciando inalterata la funzionalità, il numero dei punti di saldatura.

Osserviamo incidentalmente che questo sistema è stato pure adottato per la costruzione dei telai arrivo cavi e bobine traslatrici, nei quali l'abolizione totale dei cablaggi interni di telaio è particolarmente utile se si tiene conto che sullo stesso telaio sono praticamente raggruppati tutti i circuiti entranti e tutti i circuiti uscenti sui quali sono presenti livelli molto diversi fra di loro.

D) *Supervisore.* — È noto che il supervisore deve essere in grado di controllare istante per istante la posizione di lavoro di ogni posto di controllo e smistamento (nel caso nostro di ogni RST) in modo che con facilità si possa intervenire per dare a ciascun elemento tecnico interessato nello svolgimento dei programmi le necessarie disposizioni.

La notevole capacità e complessità dell'impianto di Radio Milano ha consigliato di abbandonare il sistema costruttivo a suo tempo adottato per i supervisori di Radio Roma e Radio Torino (sistema a coordinate cartesiane) passando al sistema a lettura diretta che consente di individuare per ciascun RST oltre l'occupazione delle linee entranti e uscenti anche la effettiva posizione di lavoro del posto.

Si è perciò preferito costruire un quadro a lettura diretta per ciascun RST; i vari quadri sono montati affiancati l'uno all'altro, ad arco di cerchio, così da consentire una facile lettura (figura 14).

Per le linee entranti (sulle due sbarre dei T e sulla sbarra dell'R) è stato adottato il sistema a proiezione in modo che qualsiasi linea entrante presa compaia sempre sullo stesso rettangolo corrispondente alle tre sbarre sopraddette.

Per le linee uscenti invece sono stati ricavati due settori (uno per ciascuna delle sbarre uscenti dei T) divisi ciascuno in 50 parti corrispondenti alle 50 linee di cui è dotato l'impianto come già più sopra accennato.

La posizione effettiva di lavoro del posto è stata rappresentata da filetti luminosi che si accendono in conseguenza delle manovre che il tecnico del T compie per lo svolgimento del programma.

Come indicato nelle figure 15 e 16, per una più semplice e rapida lettura, le segnalazioni sui circuiti musicali interurbani entranti e uscenti sono state realizzate a colori, corrispondenti a quelli della rete di tali circuiti a disposizione della Radio Italiana per la distribuzione dei vari programmi radiofonici. Lo strumento indicatore di livello di cui è dotata la scrivania del supervisore, che è corredata anche di tutti gli equipaggiamenti telefonici indispensabili per il buon andamento del servizio, è inserito in parallelo sul complesso della centrale di ascolto così che il supervisore è in grado di controllare il livello della modulazione sulla quale si è posto in ascolto.

E) *Centrale telefonica automatica speciale per gli RST.* — L'esercizio delle radiotrasmissioni ha consigliato di dotare l'impianto di Milano di un equipag-

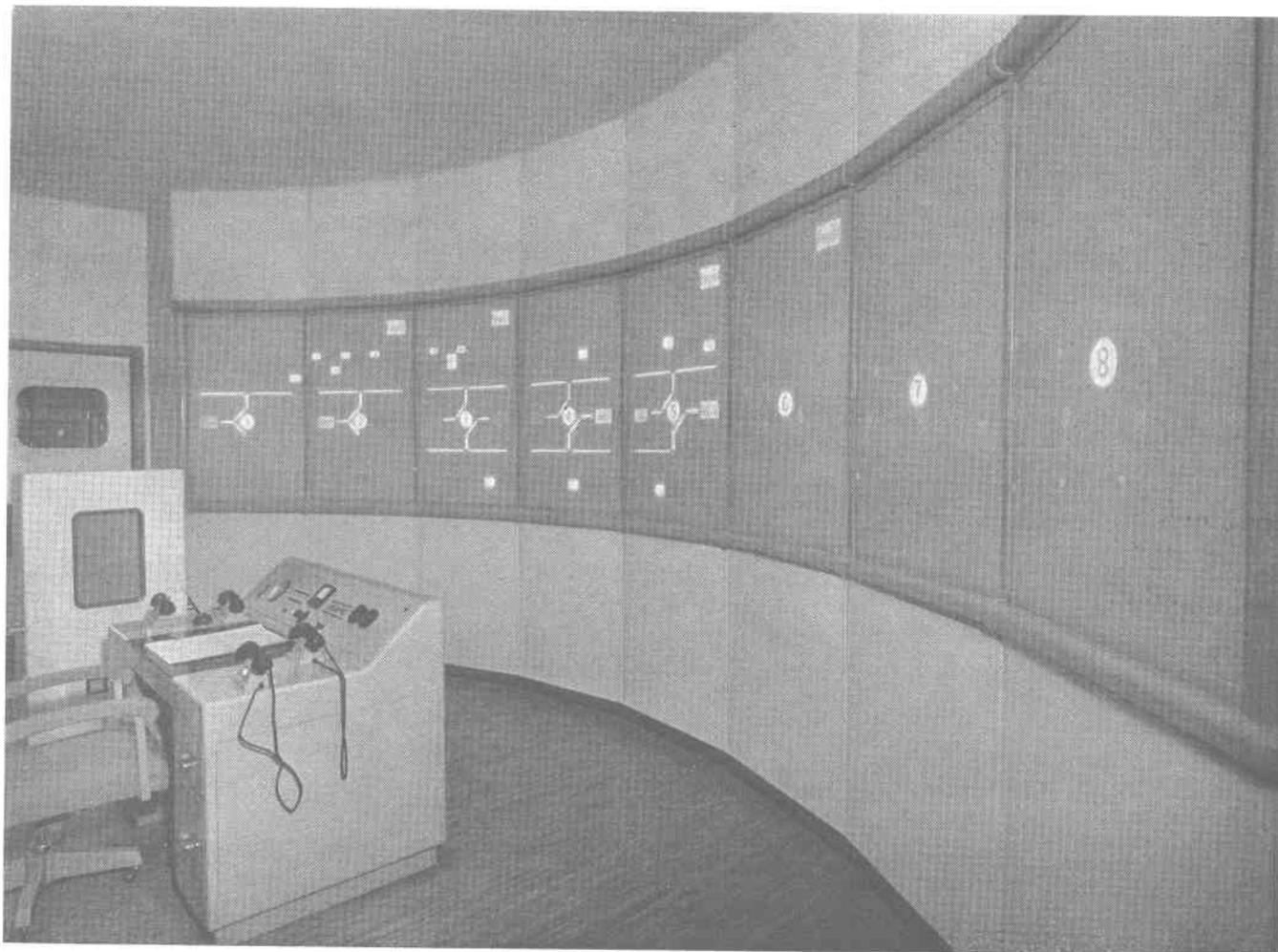



Fig. 14. — Quadro e banco del supervisore.

Segnalazione generale del tavolo R

Indicazione linea entrante alla registrazione

Indicazioni delle linee uscenti dal tavolo T sulla prima sbarra

Indicazione linea entrante al tavolo T sulla prima sbarra

Segnalazione generale del tavolo T

Indicazione linea entrante al tavolo T sulla seconda sbarra

Indicazioni delle linee uscenti sulla seconda sbarra

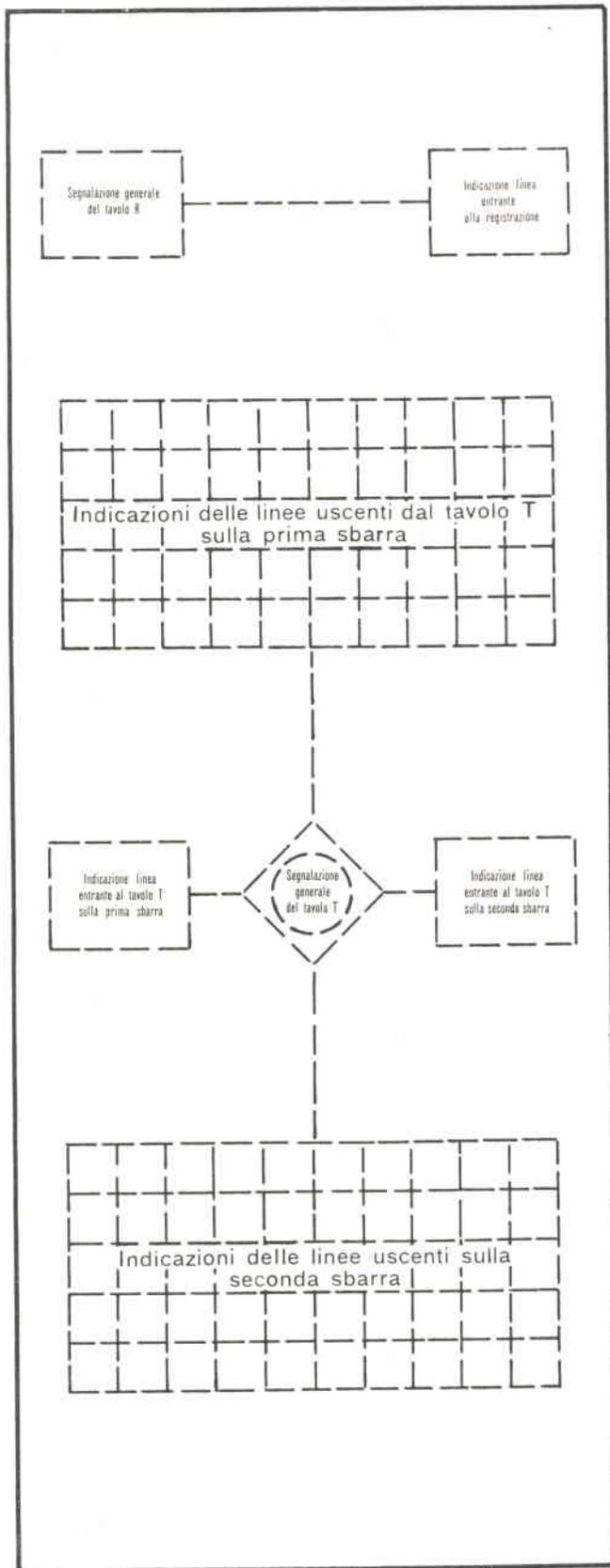



Fig. 15. — Schema dimostrativo del supervisore per la sezione corrispondente ad un RST.

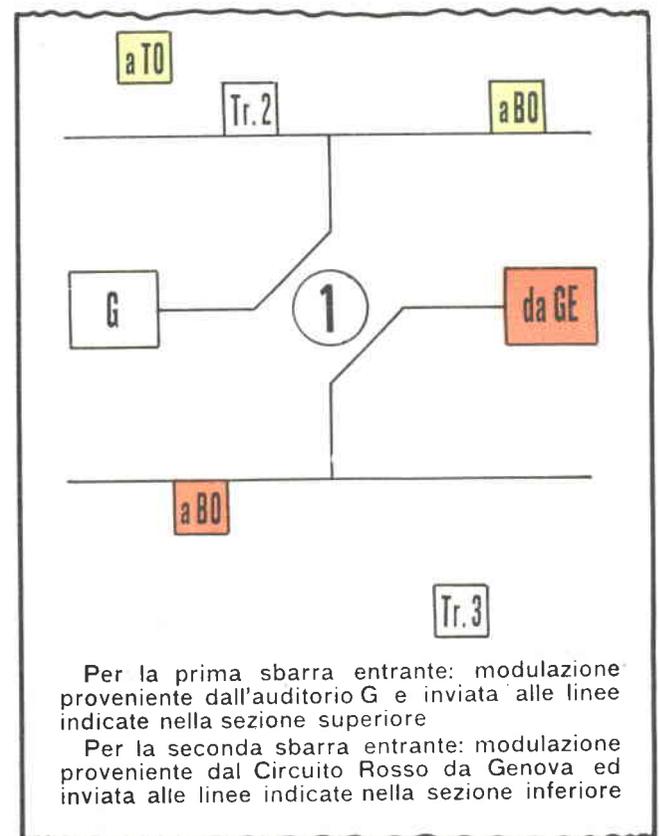
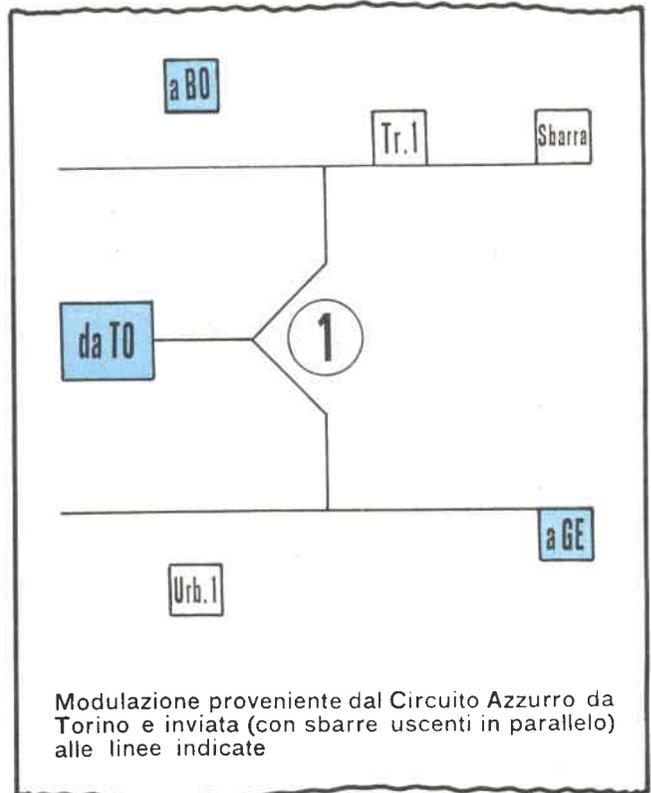



Fig. 16. — Due esempi di segnalazione al supervisore per corrispondenti posizioni di lavoro del tavolo del tecnico dell'RST 1.

giamento che permette ai tecnici in servizio ai posti T ed R di collegarsi telefonicamente con il circuito di servizio corrispondente al punto di ripresa microfonica (regìe o locali esterni alla sede).

Tale collegamento, che è consentito dalla centrale telefonica automatica speciale, avviene contemporaneamente — e senza suppletive manovre — alla occupazione da parte del T o dell'R della linea entrante dalla quale deve provenire la modulazione.

Tale collegamento telefonico diretto — che permane per tutta la durata della trasmissione — consente al personale addetto alla produzione e al personale addetto al controllo e smistamento di mantenersi in stretto contatto per i necessari accordi che devono essere presi anche nel corso della trasmissione.

Per dare modo al supervisore — date le sue specifiche mansioni — di potersi includere in uno qualunque dei collegamenti realizzati nel modo sopra descritto, il banco del supervisore stesso è stato dotato di un dispositivo comandato a tasti che consente, oltre la predetta inclusione, anche la chiamata diretta dei singoli posti di operatore e di registrazione.

Si è voluto con questo nuovo equipaggiamento evitare che per la realizzazione di questi collegamenti, che come è noto rivestono sempre carattere di precedenza assoluta, fossero utilizzati i centralini manuali e automatici previsti per i servizi comuni della sede i quali — come è ovvio — non possono dare tutta la sicurezza necessaria per un rapido e certo collegamento.

Abbiamo così visto in modo molto sommario quali sono stati i concetti informativi e quali le modalità di realizzazione dell'impianto di audiofrequenza della nuova sede di Radio Milano.

Per dare un'idea della mole dell'impianto riportiamo qui di seguito la consistenza delle apparecchiature di maggior rilievo che costituiscono l'impianto stesso.

— Cabine per amplificatori e per equipaggiamenti automatici . . . . n. 109

— Amplificatori A, B, C, D, e di ascolto » 327

— Attenuatori variabili del tipo a profilo . . . . » 208

— Relé fonici e relé di comando . . » 4 979

— Prese per equipaggiamento incroci » 14 000

— Cavi elettrici vari per alimentazione impianto . . . . m 12 155

— Cavi fonici a coppie schermate m/coppia 49 725

— Cavi telefonici a coppie per circuiti di comando e di segnalazione . m/coppia 584 067

— Mano d'opera per montaggio impianto . . . . ore 74 180

(140)

La galleria della prosa.

GLI AUDITORI DEL PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

DOTT. ING. MARIO CACIOTTI
della RAI

PROF. DOTT. GINO SACERDOTE
dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale « G. Ferraris »

Il nuovo palazzo della Radio di Milano comprende gli auditori e gli studi qui di seguito descritti:

1. **Complesso musica** (si fa riferimento alle piante della figura 1, vedi pagina seguente).

Esso comprende:

— Un grande auditorio G (fig. 2) di dimensioni 13 × 22 × 6,32 m pari a un volume di 1800 m³. Il tempo di riverberazione medio è di 1,3 ÷ 1,4 secondi.

Il soffitto è eminentemente assorbente, il pavimento di linoleum, le pareti sono rivestite di cilindri rigidi diffondenti di gesso, di lana di vetro dietro stoffa e di cilindri risonanti di legno. L'uso promiscuo di questi materiali e le relative proporzioni di essi, accuratamente dosate, hanno permesso di ottenere un diagramma di riverberazione in funzione della frequenza con un andamento praticamente costante (fig. 3). Questo auditorio è destinato a complessi musicali di una certa entità, ed è prevista in esso la presenza di pubblico per determinate manifestazioni.

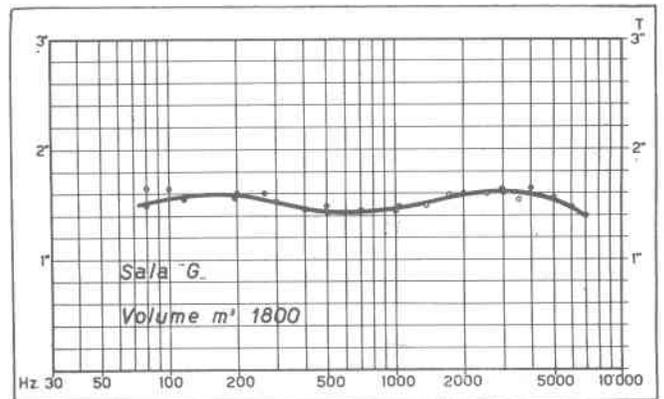
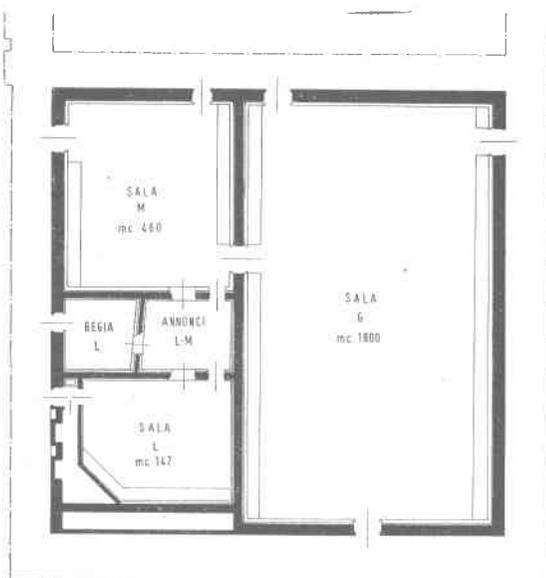
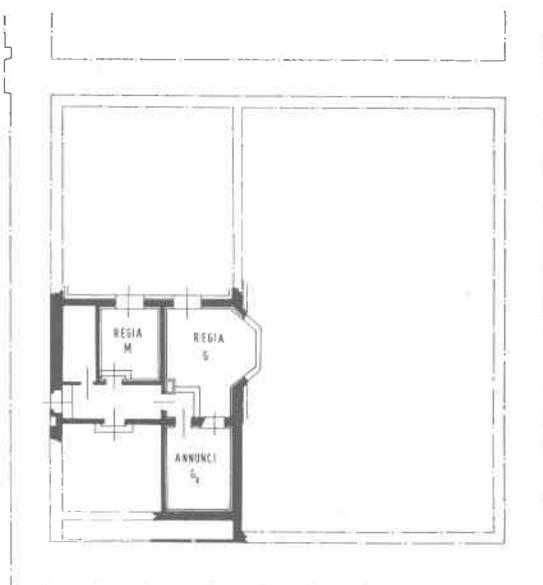
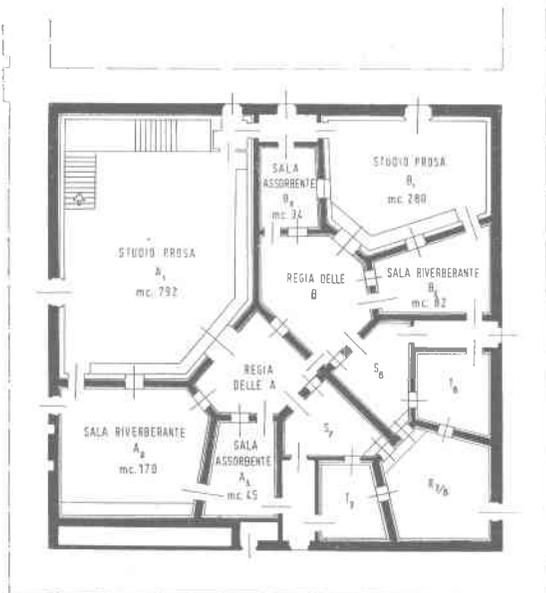
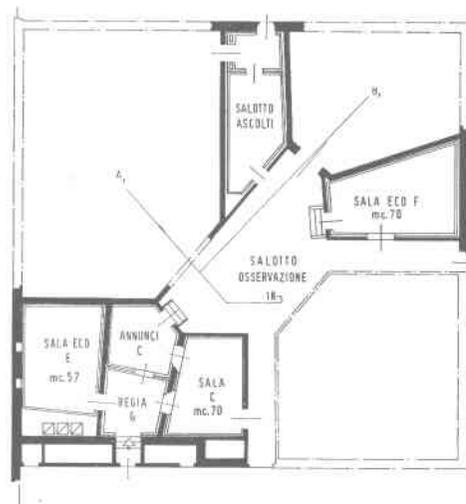
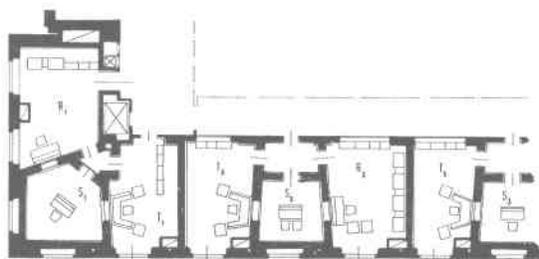



Fig. 3. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio G.

— Un auditorio M (fig. 4) di dimensioni metri 8,60 × 10 × 5,37 pari a un volume di 460 m³ adatto per medi complessi di musica da camera. Il tempo medio di riverberazione è di 0,7 secondi.

Fig. 4. — Complesso musica: auditorio M.

COMPLESSO MUSICA
2º PIANO

COMPLESSO MUSICA
3º PIANO

COMPLESSO PROSA - 4º PIANO

SALE SPECIALI - 5º PIANO

COMPLESSI R.S.T. - 5º PIANO

AUDITORI DEL PALAZZO DI MILANO

Fig. 1. — Planimetria degli auditori.

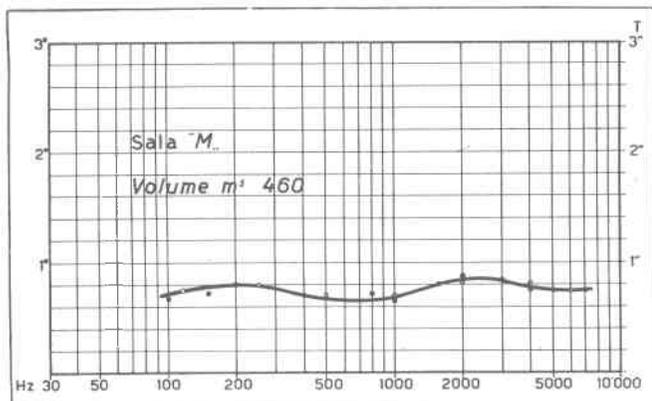



Fig. 5. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio M.

Il soffitto è in parte rivestito di materiale assorbente e in parte con cilindri di legno; il pavimento è interamente coperto da un tappeto; le pareti con gli stessi materiali acustici della sala G, benchè di forma diversa. La curva del tempo di riverberazione in funzione della frequenza è riportato in figura 5 ed è anch'essa molto piana.

— Un piccolo auditorio L (fig. 6) per solisti, di dimensioni 6,12 × 8 × 3 m pari a un volume di 147 m³. Il tempo medio di riverberazione è di 0,4 secondi.

Il soffitto è ricoperto di materiale assorbente: il pavimento di linoleum, le pareti sono per la maggior parte rivestite di cilindri risonanti di legno, per ottenere una curva di tempo di riverberazione-frequenza (fig. 7) con un lieve rialzo sulle frequenze alte, che è richiesto per auditori di questo tipo.

— A ciascun auditorio è annessa una sala regìa con visione diretta entro l'auditorio corrispondente.

Questo complesso è servito da due sale di annunciatore: una per la G ed una in comune per la L e per la M.

2. Complesso prosa (si fa ancora riferimento alle piante di figura 1).

Il complesso prosa si divide in due raggruppamenti di ambienti: *A*) e *B*).

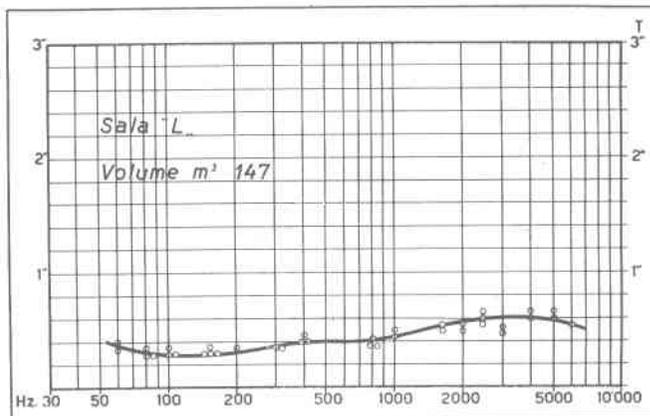



Fig. 7. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio L.

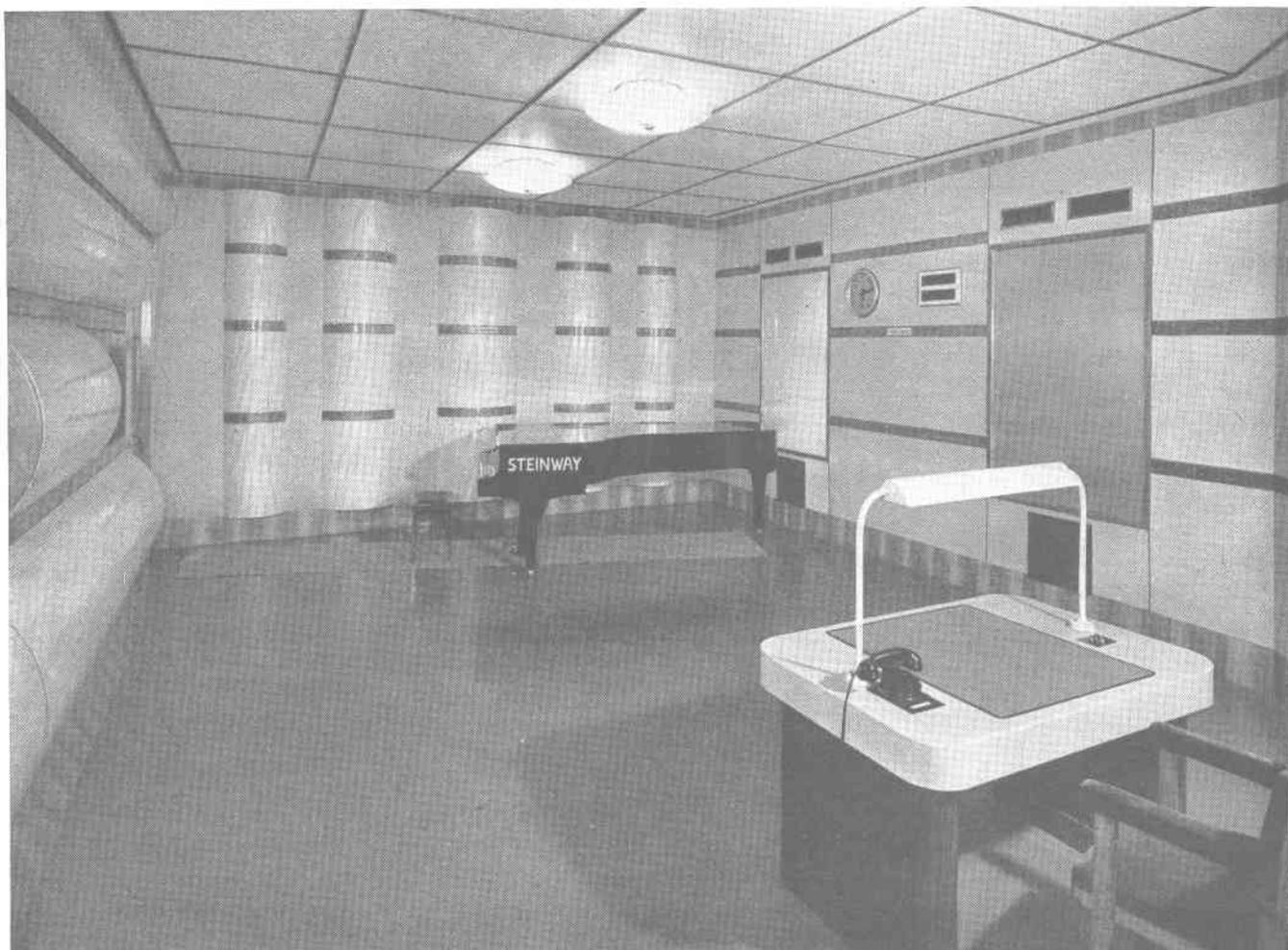



Fig. 6. — Complesso musica: auditorio L.

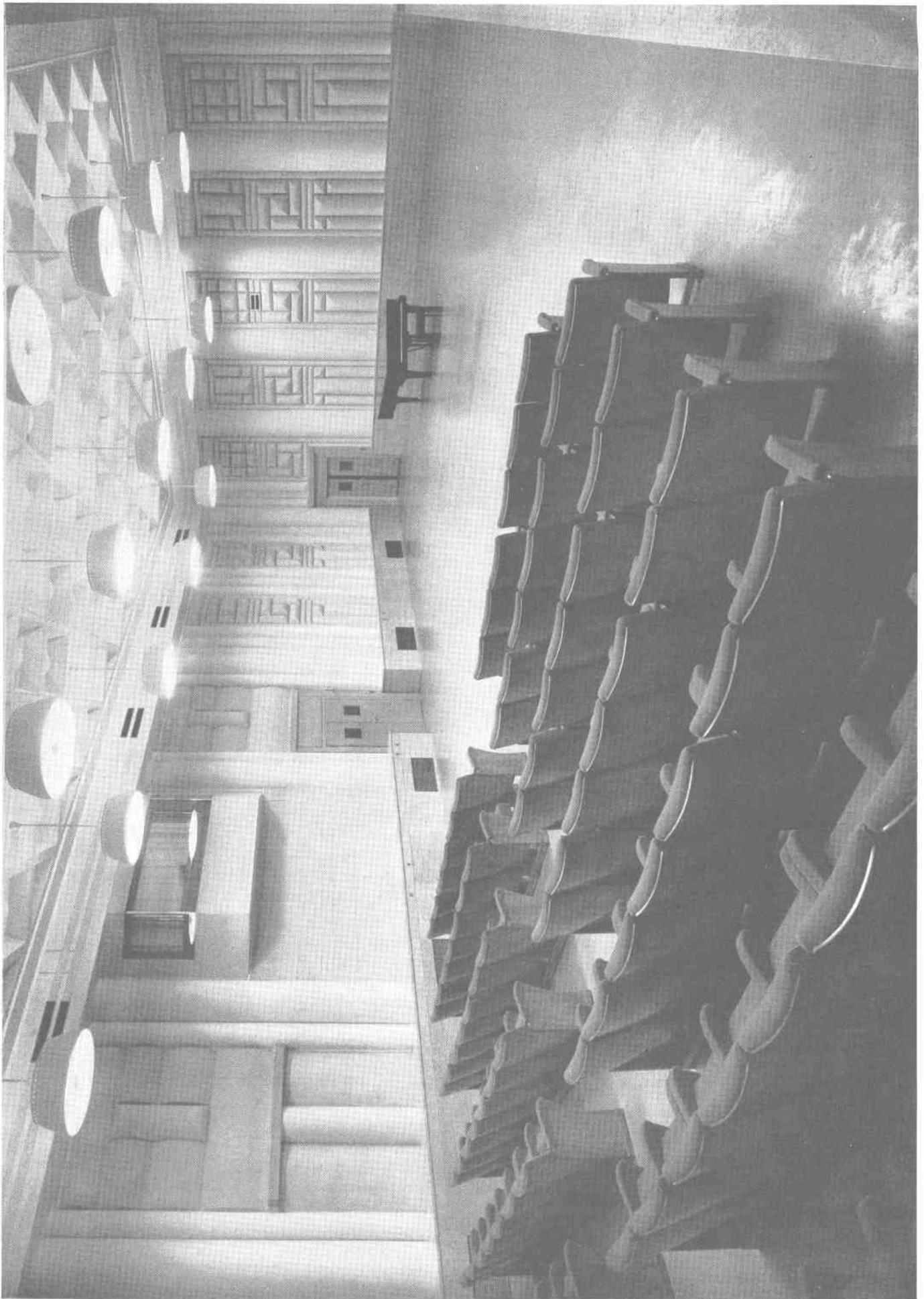



Fig. 2. — Complesso musica: auditorio G.

Fig. 8. — Complesso prosa A: auditorio A1.

Il raggruppamento A) *comprende*:

— Un grande auditorio per prosa A1 (fig. 8) di dimensioni 10 × 14 × 5,65 m pari a un volume di 792 m³.

Il soffitto è in parte rivestito di materiale assorbente ed in parte di cilindri di legno; il pavimento è di linoleum. Alle pareti, oltre agli elementi rigidi diffondenti o risonanti fissi, sono state applicate delle grosse ante verticali ribaltabili con una superficie rigida riflettente ed una assorbente. Esse ricoprono alternativamente aree assorbenti o riflettenti cosicchè si può gradualmente cambiare la qualità acustica della sala (fig. 9).

Il rialzo notevole alle frequenze alte che si ottiene quando le ante sono ribaltate in posizione riflettente,

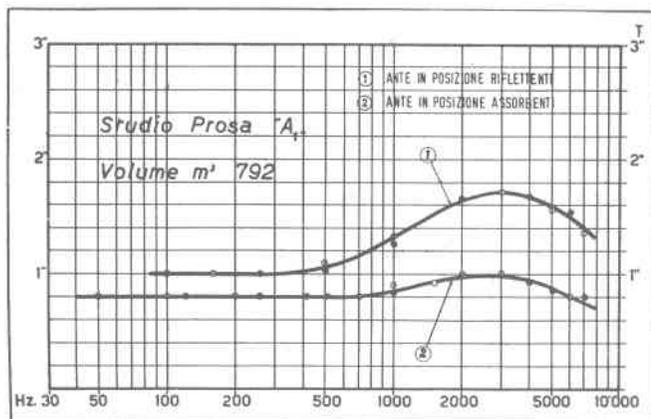



Fig. 9. — Curve tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio A1.

è risultato in pratica assai conveniente per conseguire certi effetti sonori, evitando un tempo di riverberazione medio troppo elevato, che si può invece ottenere all'occorrenza ricorrendo alle camere riverberanti. Una grande scala, nella quale ogni scalino è diviso trasversalmente in due parti: una di legno e una di marmo, permette di ottenere particolari effetti acustici dei passi degli attori. Una balconata, inoltre, consente effetti di voce lontana.

— Un auditorio riverberante A2 (fig. 10) di dimensioni 7,50 × 7 × 3,24 m pari a un volume di 170 m³.

Le pareti, il soffitto ed il pavimento sono lisci ed in gran parte di marmo. Inoltre sulle pareti sono applicate delle grandi semisfere rigide diffondenti. L'andamento del tempo di riverberazione in funzione della frequenza è riportato nella figura 11.

Per effetto delle semisfere si ottiene un elevato tempo di riverberazione, uniforme per le frequenze centrali della gamma, e l'effetto acustico di una vastissima sala con mobilio.

— Un auditorio assorbente A3 di dimensioni 3 × 5 × 3 m, di volume 45 m³, le cui qualità acustiche sono riportate nella figura 12.

— Una regìa A è relativa agli auditori A1, A2, A3 e permette la visione diretta entro i medesimi.

Il raggruppamento B) *comprende:*

— Un auditorio medio per prosa B1 (fig. 13) di 50 m² di area base, 5,60 m di altezza e volume 280 m³.

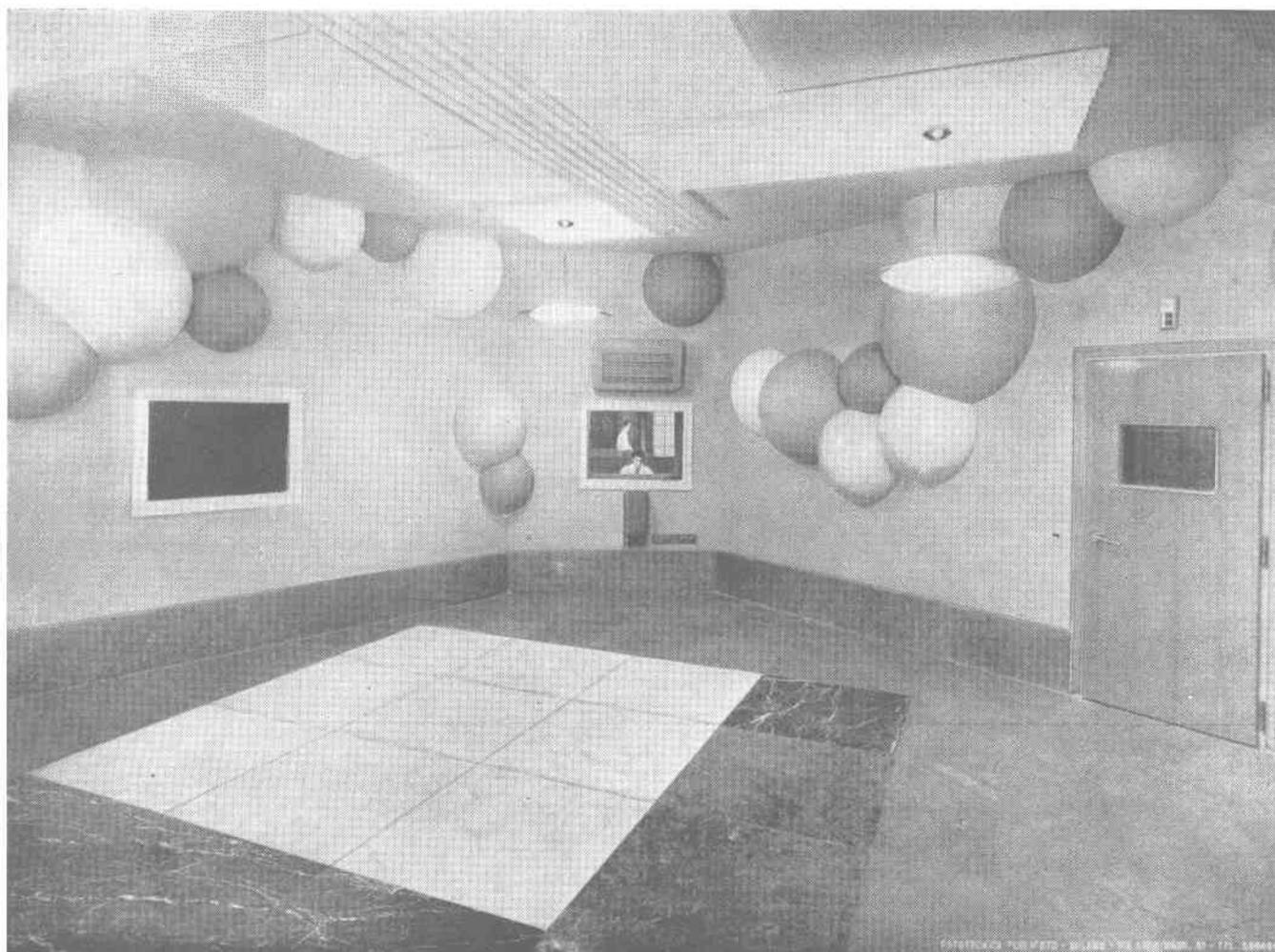



Fig. 10. — Complesso prosa A: auditorio riverberante A2.

Anche questo auditorio è stato costruito con gli stessi concetti acustici dell'altro della prosa, cioè con le ante ribaltabili: le sue qualità acustiche sono rilevabili dal diagramma di figura 14.

— Un auditorio riverberante B2 di dimensioni 6,60 × 4 × 3,10 m, di volume 82 m³.

Questo auditorio è interamente costruito a pareti lisce e pavimento in marmo e l'andamento del suo tempo di riverberazione al variare della frequenza viene riportato in figura 15.

— Un auditorio assorbente B3 di dimensioni 3 × 4,30 × 2,64 m, di volume 34 m³. La figura 16 indica le sue qualità acustiche.

— Una regìa con visibilità entro gli auditori B1, B2, B3.

— Al complesso prosa sono aggregati due complessi RST (Registrazione-Studio-Tecnico) del tipo analogo a quelli che verranno citati fra poco ma esclusivamente addetti alle trasmissioni di prosa.

3. Complessi RST (si fa ancora riferimento alle piante di figura 1).

Questi complessi sono formati dall'insieme di tre ambienti adiacenti: un ambiente centrale S (Studio) è un piccolo auditorio per annunciatori o conversatori, in generale di volume non maggiore di 50 m³ (fig. 17). Le pareti sono interamente ricoperte di membrane di materiale plastico tese su intelaiature di varie

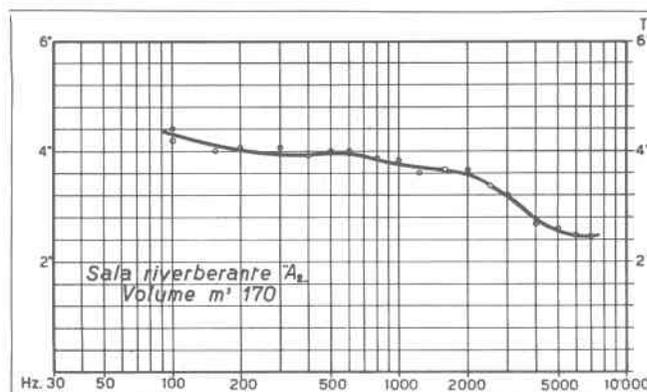



Fig. 11. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio A2.

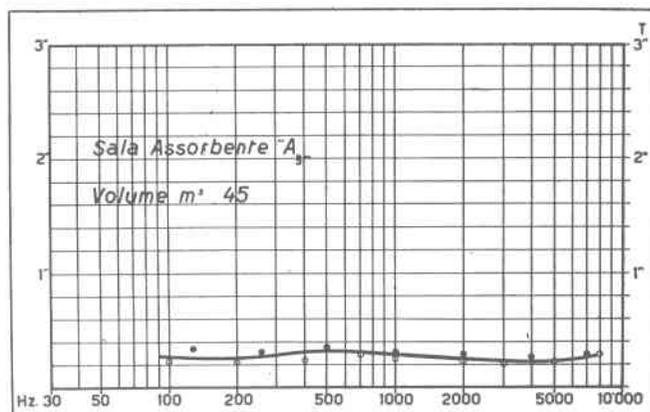
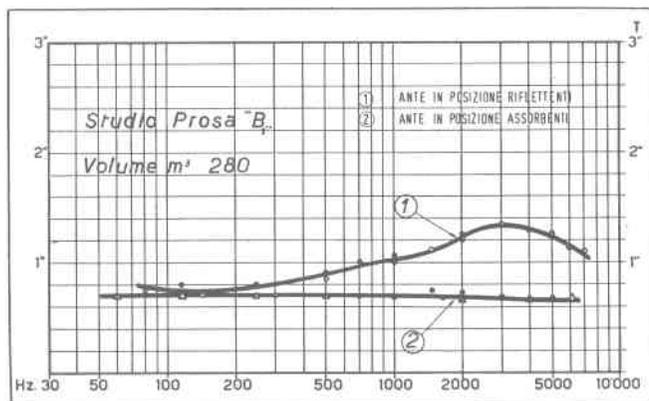



Fig. 12. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio A3.

Fig. 13. — Complesso prosa B: auditorio B1.

dimensioni, orlate all'interno con lana di vetro. Il soffitto è ricoperto con un forte spessore (6 cm) di lana di vetro sotto stoffa; il pavimento è di linoleum. Affiancata ad un lato vi è la sala T (analoga ad una sala regìa) nella quale sta il tecnico addetto al controllo del programma. Nell'altro lato si trova la sala R (Registrazione) che, come indica il suo nome, contiene le macchine per la registrazione su disco e su nastro magnetico del programma e quelle per la riproduzione di un programma già registrato.

Nella sala T come pure nella R, le condizioni di ascolto con altoparlanti, sono state rese ottime, rivestendo le pareti con elementi rigidi diffondenti, con cilindri di legno, e con lana di vetro; quest'ultimo materiale ricopre totalmente il soffitto. Il pavimento come al solito, è di linoleum.

La prova della bontà acustica di queste sale, tra le quali si devono pure comprendere le altre sale di regìa, è data dall'esempio di una curva di riverberazione rilevata per la sala di registrazione n. 6, che è riportata nella figura 18.

4. **Ambienti speciali** (si fa sempre riferimento alle piante della figura 1).

Per ottenere determinati effetti sonori per qualsiasi tipo di trasmissione, sono state allestite due sale di eco E ed F (figg. 19 e 20) di volumi rispettivamente 57 m^3 e 70 m^3. Le proprietà acustiche di queste sale, sono riportate nei diagrammi delle figure 21 e 22. Conviene spendere due parole, per spiegare perchè si è resa necessaria la costruzione di queste due ulteriori camere che sono esattamente analoghe a quelle che abbiamo chiamate camere riverberanti dei due complessi prosa. Quest'ultime sono esclusivamente al servizio dei complessi prosa e possono permettere effetti sonori variabili a piacimento del regista. Infatti in esse (che sono adiacenti agli altri auditori della

Fig. 14. — Curve tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio B1.

Fig. 15. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio B2.

prosa) agiscono quari sempre anche gli attori. Ciò non avviene normalmente nelle due camere d'eco E ed F che possono invece servire a distanza per qualunque trasmissione. In esse un microfono ed un altoparlante sono preventivamente disposti a distanza determinata. La modulazione, inviata da un qualunque studio sull'altoparlante, viene ripresa dal microfono con la grande riverberazione della sala e ritorna allo studio per essere dosata con la modulazione principale.

Le possibilità di queste due camere d'eco sono ancora notevolmente aumentate mediante una particolare catena di filtri di varia risposta con la frequenza. Alla sala F è stato applicato un lungo tubo di 30 m lungo il quale sono stati sistemati tre microfoni distanti 10 m l'uno dall'altro. L'estremità del tubo è assorbente e un altoparlante e posto all'ingresso: si possono avere così ritardi variabili fino a più di un decimo di secondo che consentono già di ottenere alcuni effetti. Per conseguire ritardi maggiori, si ricorre al magnetofono, mescolando la modulazione originale, con quella riprodotta da più testine magnetiche opportunamente distanziate fra loro.

— Per la trasmissione di dibattiti radiofonici (del tipo del noto Convegno dei Cinque) è stato allestito

Fig. 16. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dell'auditorio B3.

lo studio C (fig. 23) al quale è annessa un'apposita regìa ed una saletta di attesa che viene anche utilizzata per annunci.

Le dimensioni dello studio C sono $3{,}70 \times 5{,}40 \times 3{,}48$ metri, e il volume è di 70 m³. Le pareti, il soffitto e il pavimento sono trattati acusticamente come quelli dello studio S dei complessi RST più sopra descritti. Le qualità acustiche sono riportate nella figura 24.

Da un'ampia sala il pubblico può osservare le trasmissioni che si svolgono negli auditori di prosa A e B e in un annesso salotto si possono ascoltare, con impianti accurati e in favorevoli condizioni, tutti i programmi trasmessi.

Se si assumono come ascisse i volumi degli auditori dianzi descritti e come ordinate i tempi medi di riverberazione corrispondenti, si ottiene la curva a tratto e punto della figura 25. La curva disegnata a linea continua nella stessa figura è quella ottenuta, allo stesso modo, per gli studi della British Broadcasting Corporation. I risultati da noi conseguiti sono, come si vede, molto vicini a quelli inglesi; salvo che per l'auditorio G che ha un tempo di riverberazione di circa 0,25 secondi maggiore. Si deve però osservare che in tale auditorio può essere ammesso il pubblico,

Fig. 17. — Complessi RST: uno studio S.

il che porta ad una certa diminuzione del tempo di riverberazione; mentre nelle altre sale sono ammessi soltanto gli esecutori e la loro presenza non fa variare sensibilmente il tempo di riverberazione, misurato a sala vuota.

* * *

Alla precedente rapida descrizione dei vari ambienti giova far seguire un'esposizione dei criteri seguiti nel progetto acustico degli stessi.

Il tempo di riverberazione è elemento fondamentale per la determinazione delle qualità acustiche di un ambiente; e precisamente devono essere presi in considerazione sia il valore assoluto del tempo di riverberazione, sia il suo andamento in funzione della frequenza.

Fig. 18. — Curva tempo di riverberazione-frequenza di una sala di registrazione.

Fig. 19. — Sala d'eco E.

È noto che molti autori hanno proposto curve e formule che legano il tempo di riverberazione ottimo al volume dell'ambiente. Se tuttavia si considerano tutti questi dati si constatano differenze tali che non è possibile stabilire un valore medio fra quelli che sono stati proposti.

Si osserva inoltre che il tempo di riverberazione è un dato che deriva da una teoria approssimata e non è una quantità rigorosamente costante in tutti i punti di una sala: dipende dalle posizioni reciproche della sorgente e dei microfoni e dalle loro proprietà direttive.

Le misure di tempo di riverberazione sono poi a loro volta date con una approssimazione e come media di molte misure che possono presentare fra loro anche scarti di certa entità (di 0,1 secondo). Quindi è inutile ricorrere a formule che si basano su vaghe teorie: è meglio suddividere gli studi in un certo numero di categorie (piccoli, medi, grandi e grandissimi) a seconda del loro volume (fino a 100 m^3, 600 m^3, 2000 m^3, oltre 2000 m^3) ed a ciascuno attribuire la necessità di un determinato comportamento.

D'altra parte il tempo di riverberazione che è ritenuto il più conveniente per uno studio di determinato volume, nel tempo ha subito notevoli variazioni, in quanto alcune innovazioni tecniche hanno consentito di alterare alcuni elementi di partenza.

Questi valori ottimi proposti sono in genere frutto di un'esperienza diretta; e si può dire che derivano da elementi diversi: quali la sensibilità artistica del regista, i tipi di microfono adottati, la forma dell'ambiente, il numero degli esecutori, il tipo e la natura dell'esecuzione.

Tra gli elementi che determinano il tempo ottimo di riverberazione è di particolare importanza il tipo di microfono, oggi direttivo a cardioide; la possibilità di disporre di simili microfoni consente di elevare alquanto il tempo di riverberazione ottimo di uno studio.

È noto infatti, e l'esperienza diretta ha confermato, che l'ascolto diretto e l'ascolto microfonico presentano differenze notevoli che aumentano con l'aumentare del tempo di riverberazione e della differenza tra le proprietà direttive dell'orecchio e quelle direttive del microfono.

Indubbiamente anche elementi psicologici o che comunque sfuggono ad un'analisi diretta, consentono all'ascolto diretto, quindi intelligente, possibilità di udibilità e di intelligibilità, che all'ascolto microfonico non sono possibili. Ad esempio in una camera riverberante l'ascolto diretto della voce è ancora possibile mentre l'intelligibilità scende praticamente a zero attraverso un ascolto microfonico.

Il fatto che microfoni direzionali consentano di eliminare, in ricezione, parte del suono riverberato o diffuso, permette di rialzare il tempo di riverberazione dell'ambiente.

In secondo luogo, soltanto da pochi anni ci si avvale di materiali assorbenti più adatti per basse frequenze come: risonatori di Helmoltz, risonatori a piastra vibrante, a cilindro vibrante, eccetera. Nei vecchi studi si ricorreva esclusivamente all'assorbimento con materiali porosi quali: lana di vetro, fibre di legno, stoffe e via dicendo; materiali che avevano un elevato coefficiente di assorbimento alle alte frequenze, ma uno pressochè nullo alle frequenze più basse.

In questi casi il « colore » di un ambiente era cupo e l'eccesso di riverberazione alle basse frequenze, rendeva in genere quanto mai sgradevole la trasmissione. Per aumentare al massimo l'assorbimento alle frequenze più basse ed ottenere di conseguenza un tempo di riverberazione non eccessivo a tali frequenze, era d'uopo ricorrere ad estese superficie ed a forti spessori di materiale assorbente con la conseguenza di ridurre necessariamente a valori molto bassi il tempo medio di riverberazione.

Per una buona trasmissione invece, il tempo di riverberazione deve essere sufficientemente elevato:

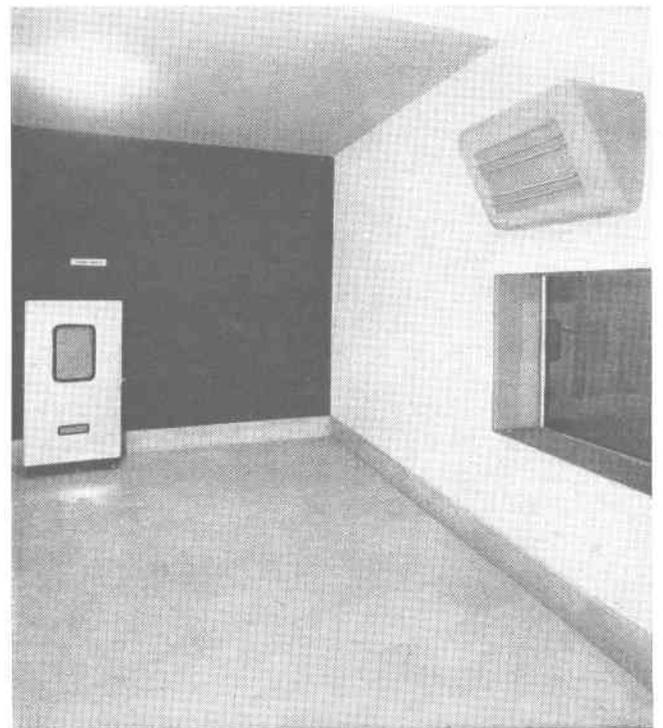



Fig. 20. — Sala d'eco F.

da una parte per consentire al direttore ed agli esecutori una audizione immediata che in uno studio troppo sordo era quanto mai malagevole; in secondo luogo, per ottenere nella trasmissione quel rapporto acustico, ossia il rapporto tra energia sonora diretta ed energia sonora diffusa, analogo a quello che si ha nei teatri d'opera, di prosa e negli ambienti di abitazione, ossia poter dare un'impressione di vita che mancava nelle trasmissioni da studi troppo assorbenti.

Altro elemento che convalida la necessità di studi meno assorbenti, è il fatto che in uno studio troppo sordo è necessario, per la trasmissione, un gran numero di microfoni, con conseguente difficoltà di dosaggio, mentre in uno studio più riverberante questo problema viene notevolmente semplificato. Oltre al valore medio del tempo di riverberazione, si deve considerare anche l'andamento del tempo di riverberazione in funzione della frequenza. Si è già accennato come questi due dati siano in certo qual modo legati fra loro. L'esperienza di altre installazioni porta a concludere che è in linea di massima desiderabile un tempo di riverberazione costante al variare della frequenza, negli studi di maggiori dimensioni e per trasmissioni musicali; mentre per studi di prosa e di piccole dimensioni, un leggero aumento di riverberazione per le frequenze più elevate, viene ad essere considerato come vantaggioso e favorisce la vivezza e la comprensibilità delle trasmissioni.

Si può notare che è più importante per la buona acustica di uno studio il corretto andamento della curva tempo di riverberazione-frequenza che non il preciso valore del tempo di riverberazione stesso. Perciò si sono studiati i vari tipi di ricopertura delle pareti per ottenere, in definitiva, sia il valore desiderato del tempo di riverberazione, sia l'andamento di esso in funzione della frequenza.

Siccome il progetto di un ambiente acustico in genere non è sufficiente per stabilire in definitiva il comportamento dell'ambiente stesso, si è seguita la ricopertura dei vari ambienti eseguendo continue misure di tempo di riverberazione e ritoccando, di conseguenza, i progetti originali mano mano che la costruzione procedeva. Nella figura 26 si riportano le successive determinazioni effettuate nella sala G durante i lavori.

Queste differenze fra preventivo e consuntivo nelle proprietà acustiche dell'ambiente sono dovute essenzialmente a due elementi: in primo luogo la conoscenza dei coefficienti di assorbimento dei vari materiali si ha attraverso misure di laboratorio eseguite in camera riverberante; in sede di installazione si possono avere

Fig. 21. — Curva tempo di riverberazione-frequenza della sala d'eco E.

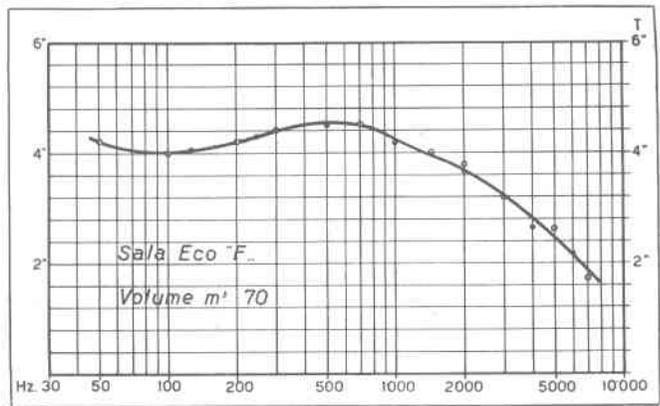



Fig. 22. — Curva tempo di riverberazione-frequenza della sala d'eco F.

differenze di coefficiente di assorbimento dovute ai diversi modi di applicazione dei materiali alle pareti e cioè a variate condizioni di intasamento come pure alla non perfetta omogeneità di uno stesso materiale. Quindi il coefficiente di assorbimento del materiale installato nell'auditorio può variare anche sensibilmente da quello misurato in laboratorio e a quest'ultimo si deve attribuire un valore di carattere indicativo.

In secondo luogo l'assorbimento totale di un determinato ambiente dipende oltre che dalla natura dei materiali installati anche dalla loro distribuzione, nel senso che una superficie di materiale assorbente applicata uniformemente ad una parete, dà un assorbimento diverso della stessa superficie distribuita su aree diverse. Quindi la procedura seguìta è stata quella di un progetto di massima, stabilito in base ai dati rilevati da misure dirette in camera riverberante; di un successivo controllo dell'assorbimento man mano che i materiali venivano installati nell'auditorio; e di un continuo ritocco per poter conseguire il risultato finale desiderato.

Con queste modalità si sono potuti effettivamente conseguire risultati senz'altro favorevoli ad una buona trasmissione, come ha già dimostrato l'esperienza finora attuata nei nuovi auditori, nei quali anche direttori di orchestra, esecutori e registi hanno dimostrato la loro piena soddisfazione e notato il miglioramento conseguito nei confronti dei vecchi studi.

Oltre al tempo di riverberazione sono da considerare anche alcuni altri elementi determinanti le qualità acustiche dell'ambiente; su questi però non vi è ancora un'assoluta concordanza fra i vari autori, nè vi sono metodi ben stabiliti per la loro valutazione.

Si ricorderà che due fattori molto importanti sono l'andamento delle curve di decrescenza del suono, la loro regolarità e l'eventuale entità di una loro modulazione. Si ammette generalmente che un ambiente acusticamente corretto, debba presentare curve di decrescenza sonora molto regolari, ossia curve che in scala logaritmica delle ampiezze si avvicinino quanto più è possibile ad una retta. Curve discendenti logaritmiche che si avvicinino ad una spezzata sono indice di un'acustica non del tutto corretta e si devono quindi studiare i provvedimenti necessari per ottenere un andamento più corretto.

L'esistenza di una linea spezzata è indice che l'ambiente non può considerarsi come ambiente unico, ma come l'insieme di due ambienti accoppiati. Questo accade quando in un auditorio tutta una parte viene mantenuta eminentemente assorbente e l'altra viene mantenuta invece eminentemente riverberante. Da

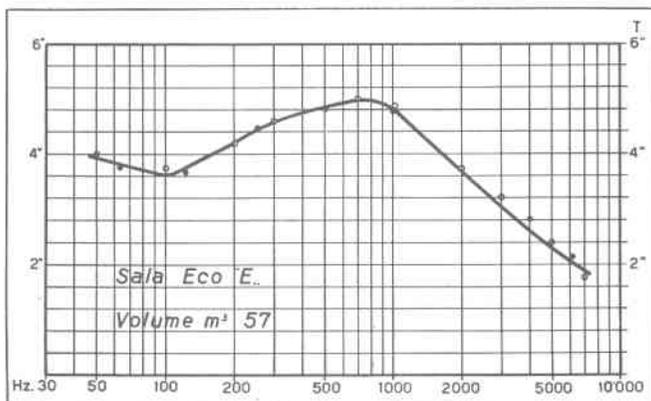



Fig. 23. — Studio C per dibattiti radiofonici.

un lato sarebbe quindi consigliabile che tutto il materiale assorbente venisse distribuito in modo uniforme alle pareti dell'auditorio: questo però non è sempre conveniente o possibile. Infatti la zona vicina all'orchestra deve essere piuttosto riverberante per ottenere un certo impasto nel suono e per consentire agli esecutori ed al maestro una buona udibilità durante l'esecuzione. Invece lo spazio riservato al pubblico deve essere piuttosto assorbente, innanzi tutto per evitare i rinvii di suono dalla parete di fondo ed in secondo luogo per attutire gli inevitabili rumori prodotti dal pubblico, che, anche se ridotti, possono recare disturbo alla trasmissione.

Si è quindi di fronte a due necessità contrastanti; per raggiungere un buon compromesso si sono create pareti con assorbimenti gradualmente crescenti, di

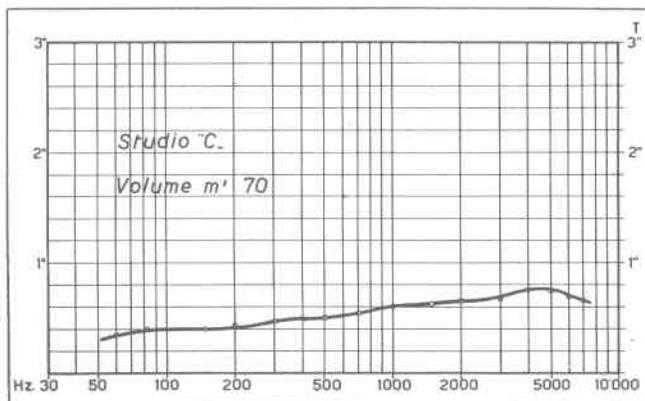



Fig. 24. — Curva tempo di riverberazione-frequenza dello studio C.

modo che non si può più parlare di due ambienti accoppiati, ma, in certo qual modo, di molti ambienti accoppiati vicini le cui caratteristiche cambiano con continuità e questo fa sì che le curve di decrescenza del suono appaiano appena leggermente curvate quando il microfono è posto nella zona ove normalmente è sistemato per la trasmissione.

Nella figura 27 sono riportati i dati rilevati sulla sala G terminata, adoperando il suono bianco.

Un secondo punto da considerare nelle qualità acustiche dell'ambiente è lo studio dell'andamento della decrescenza del suono in seguito ad impulsi molto brevi: la registrazione di transitori a carattere

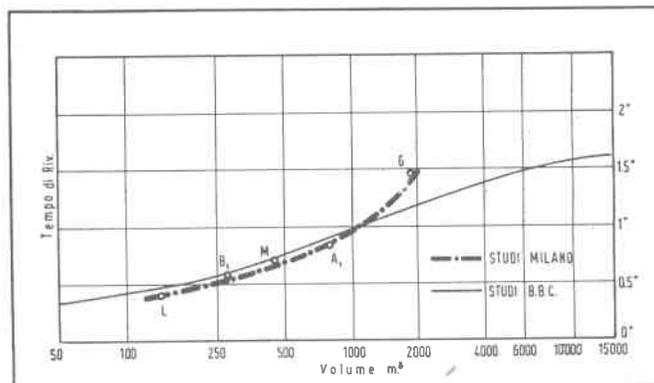



Fig. 25. — Tempi di riverberazione medi in funzione del volume.

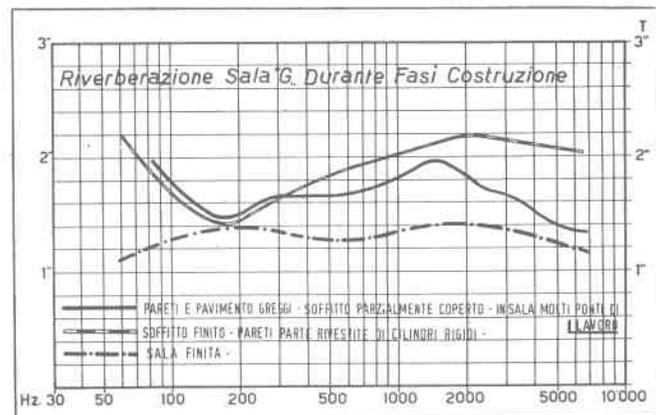



Fig. 26. — Tempi di riverberazione dell'auditorio G nelle successive fasi della costruzione.

impulsivo può fornire elementi atti ad una ulteriore definizione delle proprietà acustiche dell'ambiente (vedi fig. 28).

È interessante notare che in determinati tipi di studi, misure di tempo di riverberazione ottenute sia con eccitazione impulsiva, sia con interruzioni di tono ululato a regime, dànno, particolarmente alle basse frequenze, risultati diversi che per ora dobbiamo semplicemente constatare, poichè nessuna teoria è stata fin qui escogitata per giustificare queste differenze e per valutarne l'entità in funzione delle qualità acustiche che si desiderano conseguire. Riportiamo come esempio nella figura 29, relativa alla sala G, i diagrammi tempo riverberazione-frequenza eseguiti sia con suono bianco e tono ululato (che praticamente coincidono) sia con eccitazione impulsiva.

Un ulteriore fattore, molto importante ai fini della trasmissione, è dato dalla diffusione del suono: sale a pareti molto regolari hanno tendenza a creare sistemi di onde stazionarie che possono in alcuni punti,

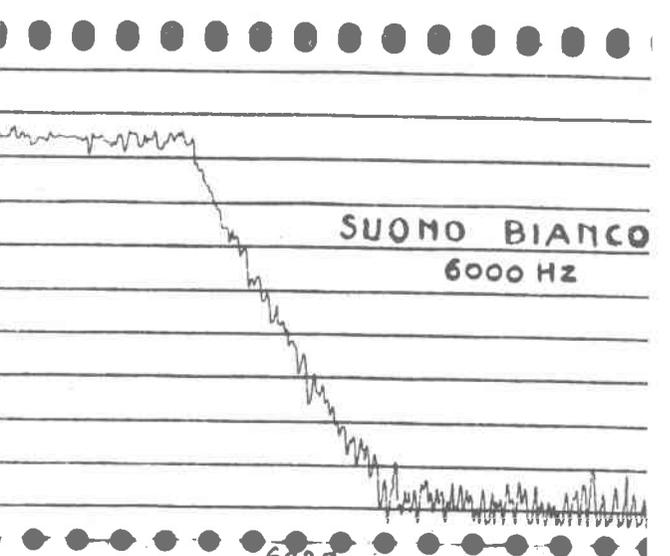
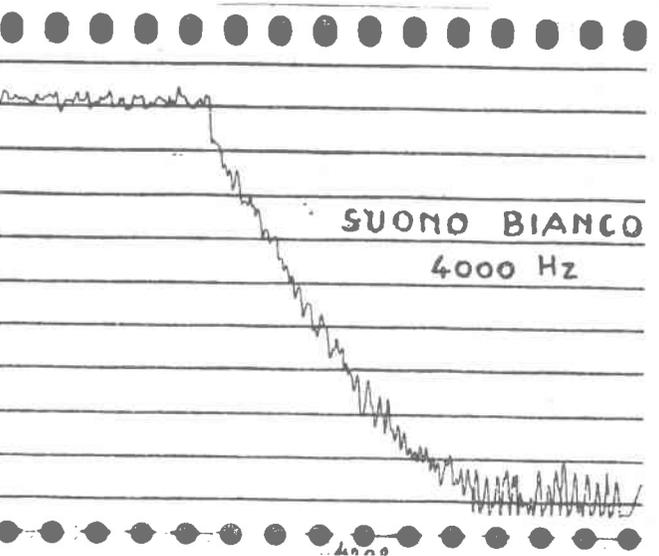
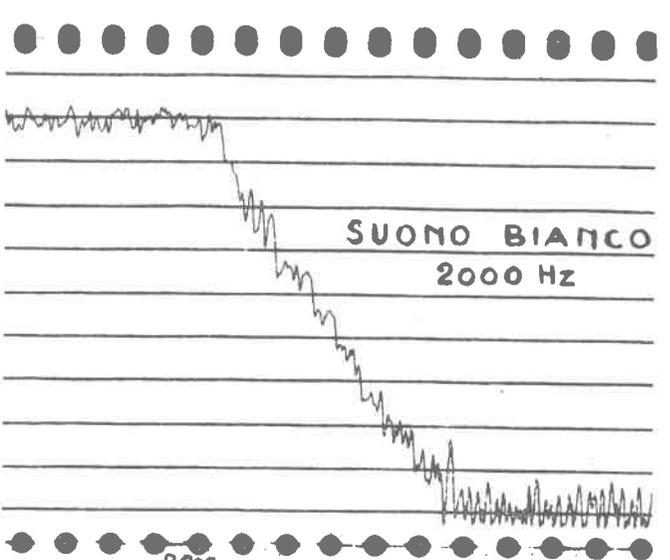
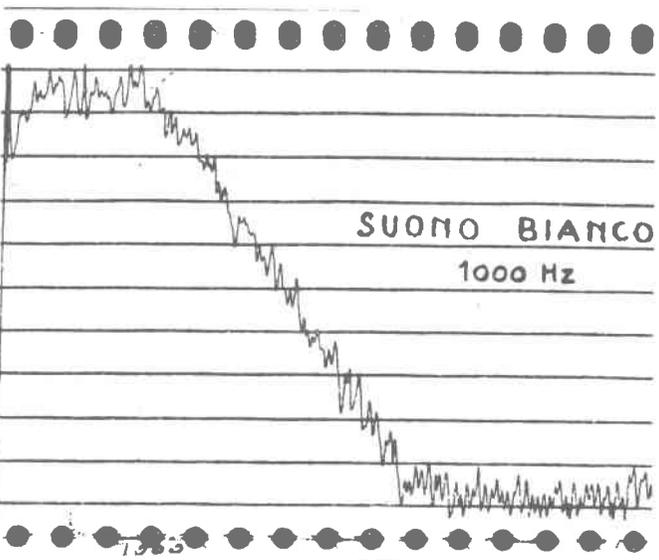
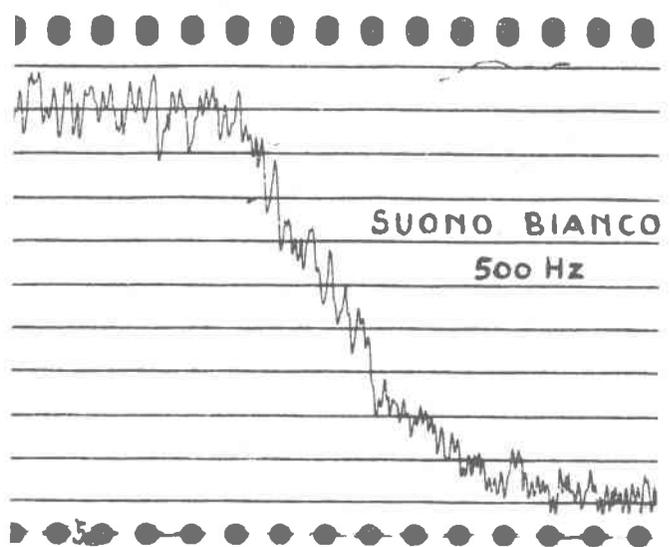
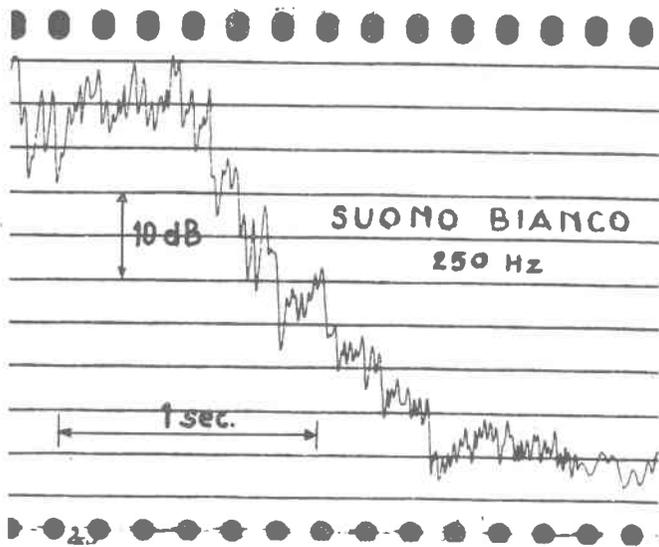



Fig. 27. — Auditorio G: curve di decrescenza del suono (misure eseguite con suono bianco e filtri a terzi di ottava).

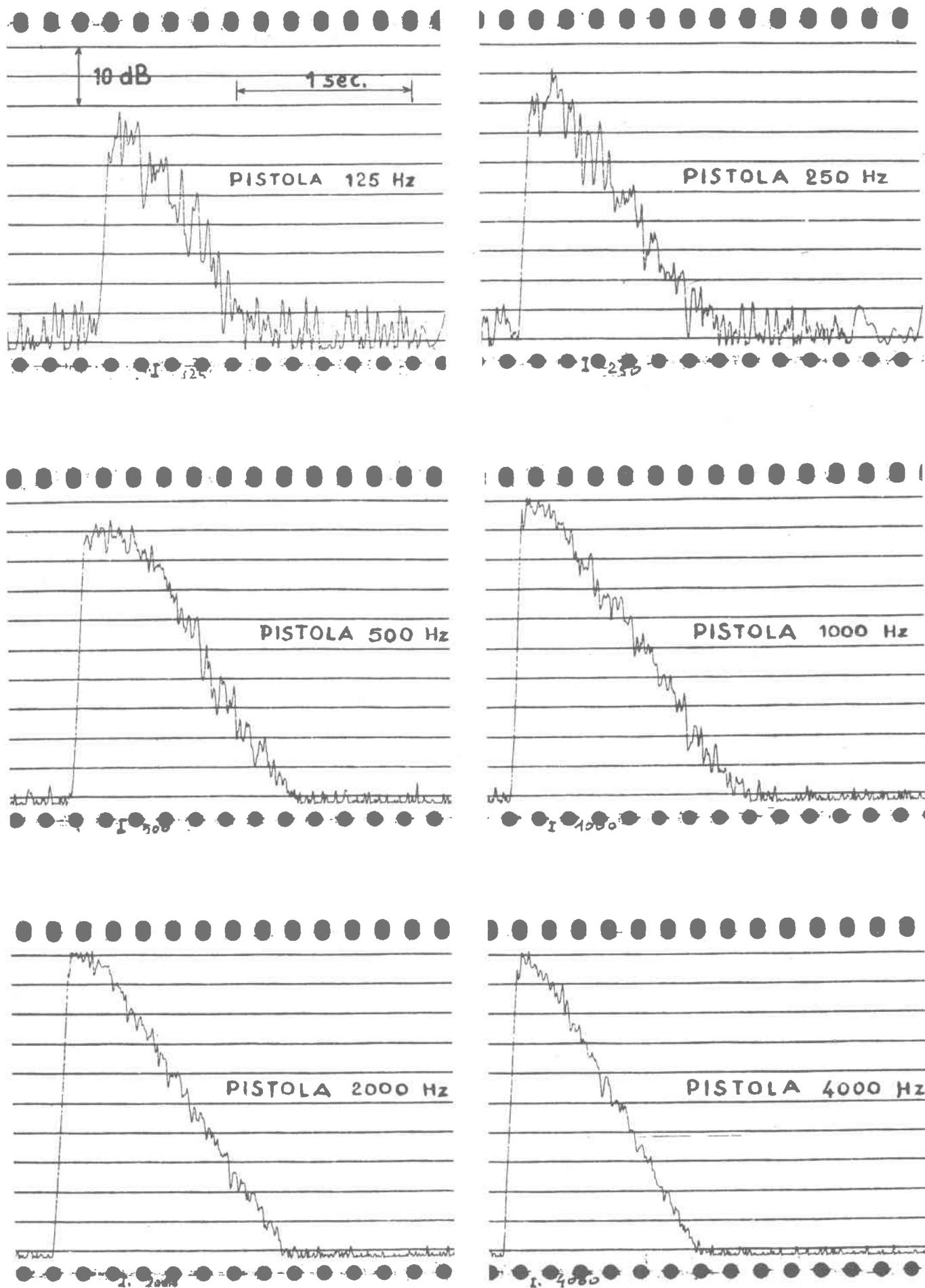



Fig. 28. — Auditorio G: curve di decrescenza del suono (misure con impulso e filtri a terzi di ottava).

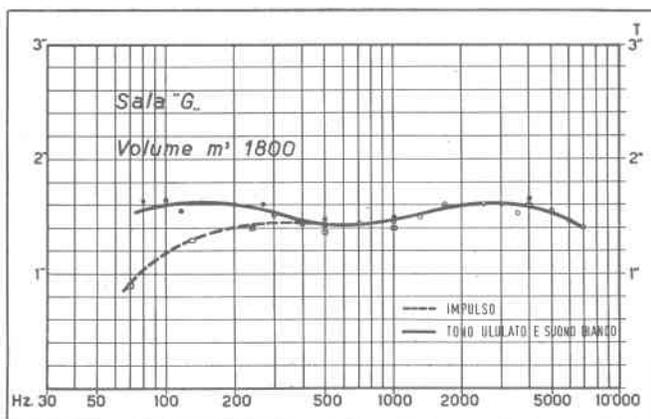



Fig. 29. — Auditorio G: curve tempi di riverberazione-frequenza con impulso, con tono ululato e con suono bianco.

e per determinate frequenze, creare squilibri che rendono meno fedele la ripresa microfonica. Da tempo si costruiscono studi radiofonici con pareti movimentate per conseguire una distribuzione di suono maggiormente uniforme entro tutto l'ambiente.

Alcuni tentativi sono stati fatti da diversi autori per dare una definizione alla diffusione del suono entro un ambiente. Si richiedono però numerosissime misure ed una lunga elaborazione, poichè si tratta di un dato a carattere eminentemente statistico. È da ricordare che in genere si adottano come diffondenti semi-cilindri di compensato che assolvono anche la funzione di elementi assorbenti a bassa frequenza; nei nuovi studi si è invece fatto largo uso di elementi diffondenti rigidi, che la nostra esperienza ha dimostrato quanto mai convenienti nella determinazione di corrette qualità acustiche.

I metodi di misura che si sono seguiti nella determinazione dei tempi di riverberazione sono, in linea generale, quelli ormai pratici adottati nella generalità dei casi. Come ricevitore si è adoperato un microfono panoramico non direzionale collegato mediante amplificatori ad un registratore logaritmico a servomotore: come sorgente di suono, sono stati usati toni ululati a profondità di modulazione di frequenza costante; i migliori risultati sono stati tuttavia ottenuti alimentando l'altoparlante con un suono bianco, filtrato con filtri aventi una gamma passante di 1/3 di ottava; essi sono stati appositamente costruiti per queste misure e constano di una serie di accurati filtri passa-alto e passa-basso, che possono inserirsi in cascata attraverso un amplificatore separatore, che compensa le perdite di inserzione e consente di avere un filtro passa-banda di qualità effettivamente molto elevate (vedi fig. 30).

Con questo sistema sono state effettivamente eseguite determinazioni molto accurate e la linearità di caduta delle curve di registrazione eliminava gran parte dell'incertezza che a volte si ha nell'interpretazione delle curve stesse (vedi figg. 27 e 28). Una serie di determinazioni è stata eseguita ricorrendo a suoni impulsivi, ottenuti molto semplicemente sparando un colpo a salve entro l'ambiente in esame: il suono raccolto dal microfono veniva filtrato con gli stessi filtri sopra descritti.

Per le misure di isolamento si è proceduto col metodo usuale: nell'ambiente disturbante viene installato un altoparlante alimentato con suono bianco filtrato. Con un fonometro normalizzato viene letta la pressione sonora espressa in dB sia nell'ambiente disturbante, sia nell'ambiente disturbato. La differenza fra questi due livelli esprime in dB l'isolamento che esiste fra i due ambienti.

Un particolare studio è stato eseguito sull'isolamento delle finestre di osservazione che sono state costruite con triplice vetro del tipo di sicurezza, cioè con anima plastica interna.

I tre vetri sono stati scelti di vario spessore onde evitare risonanze uguali. Le misure effettuate per le finestre degli studi S dei complessi RST hanno dato un risultato tale che in alcuni casi superava i 60 dB, limite massimo della possibilità del nostro impianto di misura.

Per il controllo dell'isolamento di solai e pavimenti, si è proceduto con una macchina normalizzata di calpestio, determinando il livello di pressione sonora nell'ambiente disturbante e nell'ambiente disturbato. Le misure di isolamento tra i solai dei Complessi Prosa, Musica e RST hanno fornito dati pienamente soddisfacenti.

Un problema di primaria importanza che si è presentato nello studio acustico del palazzo, è quello dei

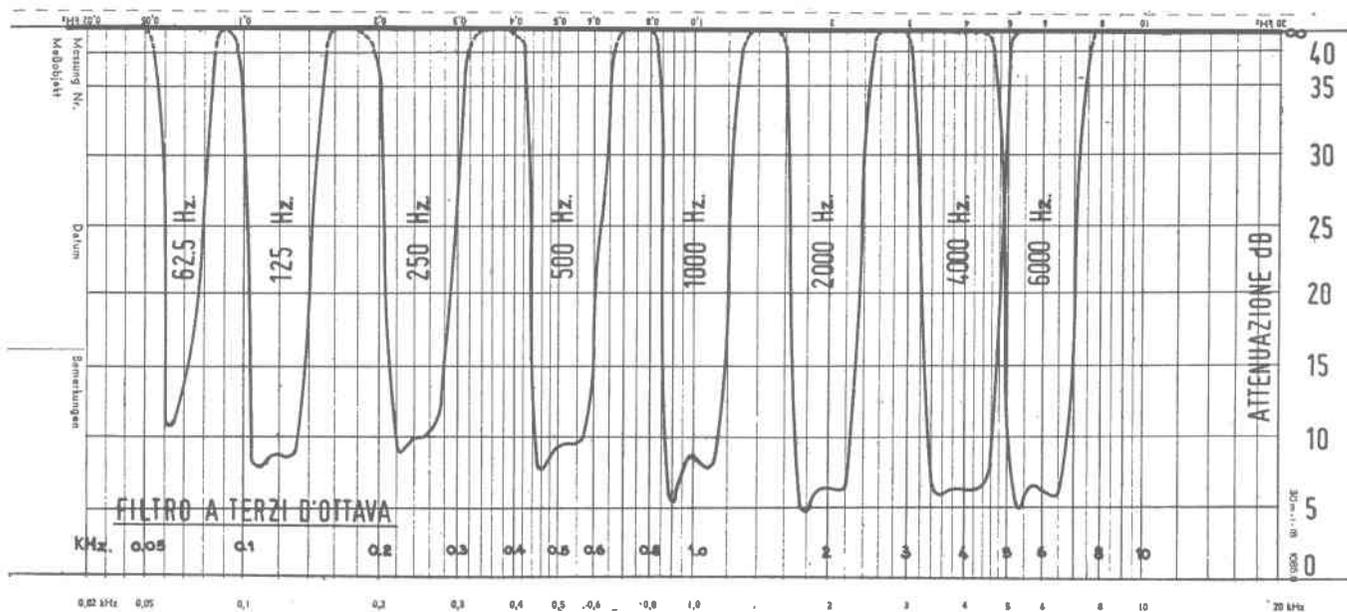



Fig. 30. — Filtro a terzi di ottava.

piccoli ambienti per annunciatori o conversatori. Il volume di tali ambienti è circa 50 m^3; essi sono in numero di dodici e di volume e dimensioni all'incirca uguali fra loro.

La particolarità acustica che presenta un piccolo ambiente è quella di avere frequenze proprie di risonanza relativamente elevate, tutte comprese nella gamma delle frequenze udibili; le più basse frequenze proprie sono sufficientemente distanziate fra loro, di modo che possono benissimo venire isolatamente eccitate, fatto questo che conferisce alla voce un suono quanto mai sgradevole. E questo proprio per le voci di annunciatori, per le quali si richiede il massimo di nitidezza e di naturalezza.

Per eliminare l'effetto di queste risonanze, è d'uopo assorbire con elevato coefficiente le frequenze più basse, senza peraltro raggiungere assorbimenti troppo elevati nel campo delle alte frequenze acustiche per poter dare all'ambiente quel senso di naturalezza, ancor più difficile ad ottenere attraverso la ripresa microfonica. Date le dimensioni ristrette degli ambienti, non si può pensare a strutture molto voluminose, come potrebbero essere cilindri diffondenti-assorbenti di compensato, che creando al tempo stesso una diffusione ed un assorbimento, migliorerebbero notevolmente le condizioni acustiche della stanza.

Per poter stabilire un tipo soddisfacente di ricopertura sono state eseguite numerosissime esperienze in un piccolo locale di Radio Torino e il risultato di esse è stato prezioso per la sistemazione degli ambienti di Radio Milano. Senza entrare nei particolari di tutte le prove eseguite si può ricordare che, rilevando curve di frequenza, si sono ritrovati i valori di risonanza propria del locale previsti dalla teoria. Con un metodo visivo al tubo catodico, si è potuto constatare che questi toni appaiono con grande frequenza in una registrazione fatta in un piccolo ambiente, mentre non compaiono con particolare prevalenza in una registrazione effettuata in un locale normale.

Con impulsi ripetuti si sono rilevati i decrementi nella zona delle basse frequenze; non si può parlare di tempo di riverberazione, quando si è nella zona di frequenze vicine alle frequenze proprie di risonanza dell'ambiente; l'esame di questi decrementi, ai quali corrispondono tempi convenzionali di riverberazione molto lunghi, può fornire un esame assai soddisfacente del comportamento acustico del locale.

Quando si è passati ad esaminare le possibilità di assorbimento, si trattava di scegliere fra assorbimento con pannelli perforati (risonatori di Helmoltz) o con pannelli vibranti. La tecnica di parecchi autori adotta la prima soluzione, ma la nostra esperienza ci ha fatto preferire la seconda.

Perciò nei piccoli ambienti si sono ricoperte le pareti con materiale a base plastica, teso su di un'intelaiatura di legno a quadrettatura irregolare. Si hanno così elementi aventi un elevato grado di risonanza, al quale corrisponde un elevato coefficiente di assorbimento.

Per attenuare la selettività di questi risonatori si ricorre a strisce di lana di vetro, la quale viene sistemata ai bordi nell'interno dell'intelaiatura di legno.

In alcuni casi si è sistemato un doppio strato di risonatori (ognuno spesso 6 cm) e sia le misure eseguite, sia i risultati pratici ottenuti, ci fanno ritenere soddisfacente questa soluzione. Non bisogna dimenticare che si debbono soddisfare anche esigenze estetiche ed anche per questo è stata preferita tale soluzione che ha permesso di attuare pareti piane lisce, con la possibilità di una coloritura gradevole.

Le alte frequenze vengono assorbite in modo più modesto e l'assorbimento di esse spetta alla struttura del soffitto, che in generale è coperto da uno spessore di lana di vetro in vista o ricoperta da una stoffa leggera. Le onde stazionarie tra pavimento riflettente e il soffitto vengono così attenuate e d'altra parte la presenza di tavoli, sedie e persone le rende meno pericolose.

Un certo vantaggio si ottiene rendendo le pareti verticali non parallele fra loro: ma non bisogna dimenticare che alle frequenze più basse le risonanze proprie sussistono sempre e sono soltanto leggermente spostate.

Le misure da eseguire in questi ambienti sono diverse da quelle solite di riverberazione, poichè la riverberazione è estremamente bassa, anche meno di un decimo di secondo; quanto si deve ricercare è soprattutto il numero delle frequenze proprie, specialmente le più basse, e il decremento che ha l'ambiente in condizioni di risonanza.

Questi sono stati i concetti seguiti nei calcoli di carattere acustico per il palazzo di Milano; e l'esperienza di un periodo sufficientemente lungo d'esercizio, ci consente di confermare che i criteri seguiti hanno appagato non soltanto i tecnici della ripresa microfonica, ma anche quelle persone legate alla produzione artistica delle trasmissioni, come registi e direttori d'orchestra, la soddisfazione della sensibilità artistica dei quali deve essere l'elemento base per giudicare dei risultati ottenuti.

(138)

ALCUNI ASPETTI DELLA RIPRESA SONORA

Dott. Ing. Corrado Tutino
della R A I

1. Premessa.

La ripresa sonora coinvolge, più o meno direttamente, la maggior parte degli argomenti interessanti l'elettroacustica, l'acustica architettonica e l'acustica fisiologica, e cioè: comportamento dei corpi vibranti; struttura dei suoni; propagazione delle onde sonore negli spazi aperti; influenza delle superficie di contorno negli spazi chiusi; facoltà stereofonica dell'apparato uditivo e mascheramento dei suoni; strumenti musicali; voce umana; microfoni; amplificatori e dosatori; indicatori di livello; altoparlanti.

Noi sfioreremo soltanto taluni di questi argomenti, per coordinarli verso lo scopo che ci proponiamo; cioè, verso la ricerca delle cause determinanti alcuni effetti che nella pratica dànno alla ripresa sonora i caratteri di una forma di esercizio non facilmente assoggettabile a tutte le leggi canoniche dell'acustica applicata.

Di dette cause, le fondamentali sono provocate dalle caratteristiche funzionali del primo e dell'ultimo anello della catena dei trasduttori impiegati, e cioè del microfono e dell'altoparlante.

Al microfono è affidato il compito della trasformazione acustico-elettrica delle onde sonore, attraverso il trasferimento della energia acustica al di lui organo vibrante; tale trasferimento trova riscontro nella trasformazione acustico-meccanica fra le onde sonore e la membrana timpanica dell'orecchio; ma purtroppo il microfono, pur potendo essere oggi considerato un perfetto trasduttore, è ben lungi dal possedere quella provvidenziale virtù fisiologica che è la percezione stereofonica la quale consente, nell'ascolto diretto, di individuare, delle varie sorgenti sonore, le rispettive direzioni di propagazione e di apprezzarne le differenze di distanza.

L'altoparlante è a sua volta caratterizzato da limitazioni funzionali che ne fanno un riproduttore di suono il quale, pur potendo con sufficiente fedeltà trasformare in campo sonoro le correnti foniche che lo alimentano, non potrà mai riprodurre un complesso musicale in tutte le sue prerogative estetiche, in quanto queste dipendono anche dalla dislocazione delle varie sorgenti sonore su una superficie più o meno vasta; il che conferisce all'insieme dei suoni caratteristiche spaziali che in gran parte facilitano la selettività della percezione delle varie sorgenti ed il raggiungimento degli equilibri voluti dal direttore. L'altoparlante, invece, ha dimensioni che possiamo, al confronto, considerare puntiformi; tutti i suoni emessi partono, ammassati, dalla piccolissima superficie del suo cono vibrante; ed ancorchè essi siano perfettamente riprodotti, è chiaro che l'orecchio non potrà esercitare su di essi le sue *prerogative stereofoniche*, dato che hanno origine da un unico punto; il che, oltre ad abolire il senso plastico della emissione sonora, esalta in maniera deleteria quel fenomeno fisiologico chiamato *mascheramento dei suoni*, per il quale un suono coesistente con un altro suono non è avvertito dall'orecchio se non quando ha raggiunto un determinato valore di intensità energetica; in altre parole, esso tende ad essere soffocato dall'altro suono.

Questo fenomeno è uno dei maggiori ostacoli nella ripresa sonora; esso esiste, è vero, anche nell'ascolto diretto, ma *in misura molto minore;* e ciò appunto perchè agli organi della ripresa manca, come s'è detto, quella virtù stereofonica che aiuta l'ascoltatore a selezionare le varie sorgenti sonore coesistenti; è intuitivo infatti che se due o più strumenti musicali emettono contemporaneamente delle note di altezza e di timbro non molto diversi, sarà, nell'ascolto diretto, molto più agevole selezionare la percezione dei vari strumenti, se questi sono molto distanziati fra di loro, che non nel caso in cui essi siano ammassati in un piccolissimo spazio; e l'assenza di facoltà stereofonica, abolendo la sensazione della direzione di provenienza del suono e della distanza, equivale ad una concentrazione.

Si aggiunga il fatto importantissimo che, attraverso la ripresa, manca il fattore psicologico della suggestione visiva che consente un efficace *ascolto intenzionale.* Per convincersi di questa efficacia, basta soffermarsi su questa constatazione: supponiamo di entrare in un locale affollato nel quale le voci si amalgamano in un brusìo confuso, e di sederci in prossimità di persone che conversano; fino a quando noi non ci preoccupiamo dei loro discorsi, le loro voci si confondono nel brusìo; ma se in un determinato momento fissiamo il nostro sguardo e la nostra attenzione sui conversatori, possiamo distinguere nettamente le loro voci e seguire i loro argomenti.

Questa facoltà selettiva, ripetiamo, manca ascoltando una ripresa.

Riassumendo, possiamo dire: l'assenza di facoltà stereofonica produce sovrapposizione di suoni, e questa a sua volta esalta il mascheramento. Ebbene, sia il microfono che l'altoparlante producono sovrapposizione; il primo, in quanto non possiede virtù stereofonica; il secondo, in quanto tutti i suoni da esso riprodotti partono ammassati dalla piccolissima superficie del suo cono vibrante.

L'effetto finale è analogo a quello che si otterrebbe nell'ascolto diretto qualora, potendolo, si concentrassero tutti i suoni prodotti da un complesso orchestrale in uno spazio ristretto quanto il cono di un altoparlante. Non c'è chi non intuisca quale menomazione subirebbero la chiarezza dei singoli suoni ed il senso della conformazione plastica del complesso, cui tanta importanza attribuiscono con ragione i direttori d'orchestra. E ciò senza contare che se (sempre nel caso dell'ascolto diretto) il suddetto concentramento ideale fosse effettuato, la sala risponderebbe, in qualsiasi punto di ascolto, in maniera ben diversa dalla reale, dato che i vari fenomeni inerenti alla acustica architettonica (modi naturali di vibrazione, riflessioni delle pareti, onde stazionarie, assorbimento dei materiali porosi e vibranti, ecc.) dipendono, fra l'altro, dalla postazione delle sorgenti sonore. Ebbene,

anche sotto questo aspetto l'altoparlante è in condizione di inferiorità; perchè le sorgenti da esso riprodotte, emettenti note di determinate frequenze, cospirano con facilità ad esaltare determinati difetti della sala, dipendenti dall'eccesso di modi particolari di vibrazione. Si aggiunga che questo effetto è reso ancor più sensibile dalle caratteristiche di direzionalità che tutti gli altoparlanti presentano in maniera più o meno spiccata; e per convincersi di ciò basta constatare come un altoparlante posto in una sala produca effetti di ascolto diversi, qualora si vari il suo orientamento, ancorchè l'ascoltatore si mantenga sempre sulla stessa direzione rispetto al cono, ed alla stessa distanza.

A conferma della validità di tutte queste nostre asserzioni, sta il fatto che se si tratta di riprodurre una sola sorgente sonora (parola o musica), qualora i trasduttori siano di alta qualità e gli ambienti di ripresa e di ascolto presentino caratteristiche acustiche favorevoli, la riproduzione può riuscire assolutamente perfetta, fino a dare l'illusione di un ascolto diretto; il che quasi mai si verifica per la ripresa di vasti complessi sonori, ancorchè si tratti di ascoltare un'ottima registrazione a mezzo di un altoparlante di alta qualità e di sufficiente potenza, situato nella stessa sala in cui la ripresa è stata effettuata.

Ci si potrebbe avvicinare molto alla realtà piazzando in detta sala diversi altoparlanti collegati separatamente ad altrettante colonne sonore, su ciascuna delle quali sia registrata una ristretta zona del complesso sonoro da riprodurre; è questo un procedimento che può essere realizzato nel film sonoro, ma non certo nel comune ascolto radiofonico.

2. Facoltà stereofonica dell'apparato uditivo e mascheramento dei suoni.

Sull'argomento della stereofonia molte ricerche sono state eseguite da vari studiosi. Si tratta di un processo eminentemente fisiologico; e non c'è quindi da meravigliarsi se tuttora per esso si ragiona nel campo delle ipotesi. La *localizzazione* di una sorgente sonora, come tutte le percezioni, viene effettuata dal nostro cervello, il quale, in questo caso, è stimolato dall'apparato uditivo; si potrà, mediante esperienze più o meno appropriate, cercare come detto stimolo provocato dalle onde sonore, si manifesti; ma è evidentemente vano lo sperare di poter orientare i risultati di detta analisi verso lo scopo di riprodurre il fenomeno mediante una qualsiasi combinazione di microfoni.

Sembra oramai assodato che la percezione stereofonica tragga origine sia dalla diversità delle intensità sonore, sia dalla diversità della fase con le quali un suono emesso da una sorgente perviene ai due orecchi dell'ascoltatore, a causa del diverso percorso che l'onda deve percorrere; se ne deduce che solamente l'ascolto *binaurale* (ossia effettuato mediante i due orecchi) consente la percezione stereofonica e quindi la localizzazione.

Secondo esperienze di Stewart e Horda, se chiamiamo I_D la intensità energetica che si manifesta all'orecchio destro, e I_S quella che si manifesta all'orecchio sinistro, la direzione di provenienza del suono è determinata dalla nota relazione

[1] $$\Theta = K \log_e \frac{I_s}{I_D}$$

nella quale Θ è l'angolo che la direzione di provenienza forma con il piano mediano della testa.

Variando gradualmente, mediante mezzi artificiali, i valori di I_S ed I_D, e mantenendo inalterata la fase, Θ varia secondo la [1] e l'ascoltatore ha l'impressione che la sorgente sonora giri attorno alla sua testa.

K è una costante che varia a seconda dell'individuo che ascolta ed a seconda della frequenza. Per frequenze minori di 1000 Hz la formula dà risultati in realtà poco attendibili; il che rientra nella logica, dato che per le onde lunghe, le dimensioni della testa sono poco rilevanti.

D'altra parte, se I_S ed I_D sono mantenute eguali fra loro, e si provoca una differenza angolare di fase φ, la sorgente apparente del suono sembra subire uno spostamento angolare Θ rispetto al piano mediano del capo, che è legato a φ dalla relazione

[2] $$\varphi = K' \Theta$$

dove K' è un coefficiente di proporzionalità che varia linearmente con la frequenza. Tale fatto sembra avvalorare l'ipotesi che la localizzazione dipenda dalla fase; ma al di sopra dei 1000 Hz le lunghezze d'onda diventano piccole a paragone delle dimensioni della testa, di guisa che possono esistere diverse direzioni per le quali le differenze del cammino dell'onda per i due orecchi differiscono fra loro di un numero intero di lunghezze d'onda; il che provoca indeterminazione nel giudicare la provenienza.

Si possono conciliare le due ipotesi dicendo che per le basse frequenze è valida quella che attribuisce la causa della localizzazione alla differenza di fase; mentre per le alte frequenze è valida l'ipotesi che ne attribuisce la causa alla differenza di intensità.

V'è anche chi, come Klemm, sostiene che la individuazione della direzione di provenienza dipenda dalla diversità dell'istante di arrivo del suono a ciascuno dei due orecchi. Si intuisce come tale ipotesi sia alquanto persuasiva per quel che concerne i suoni che hanno carattere di impulso; perchè se il suono è a regime, è chiaro che essa si identifica con l'ipotesi basata sulla differenza di fase; difatti, la differenza di fase φ, per i due orecchi, è espressa da $2\pi f . \Delta t$, dove Δt è l'intervallo fra i due istanti di arrivo del fronte d'onda ai due orecchi, ed f è la frequenza.

Abbiamo voluto rammentare al lettore le caratteristiche del fenomeno della localizzazione, perchè la sua assenza, come abbiamo detto, esalta quello del mascheramento dei suoni, che rappresenta, secondo noi, il maggiore ostacolo della ripresa sonora.

Studi sul mascheramento sono stati eseguiti da vari anni nei laboratori della « Bell Telephone System », da Wegel e Lane. Le figure 1 e 2 rappresentano due delle famiglie di curve tracciate da Fletcher per illustrare l'effetto mascherante. La figura 1 si riferisce ad una nota mascherante di 400 Hz e la figura 2 ad una nota mascherante di 2400 Hz. I numeri segnati su ciascuna curva indicano in dB la intensità prodotta dalla relativa nota mascherante; le ascisse rappresentano le frequenze dei suoni mascherati e le ordinate rappresentano le relative soglie di udibilità.

Per esempio, riferendoci alla figura 1 si vede chiaramente che se una nota mascherante di 400 Hz ha una intensità di 60 dB rispetto alla soglia di udibilità, una nota coesistente di 1000 Hz (punto S), comincerà ad essere udita da un orecchio normale, quando avrà raggiunto un'intensità minima di 33 dB.

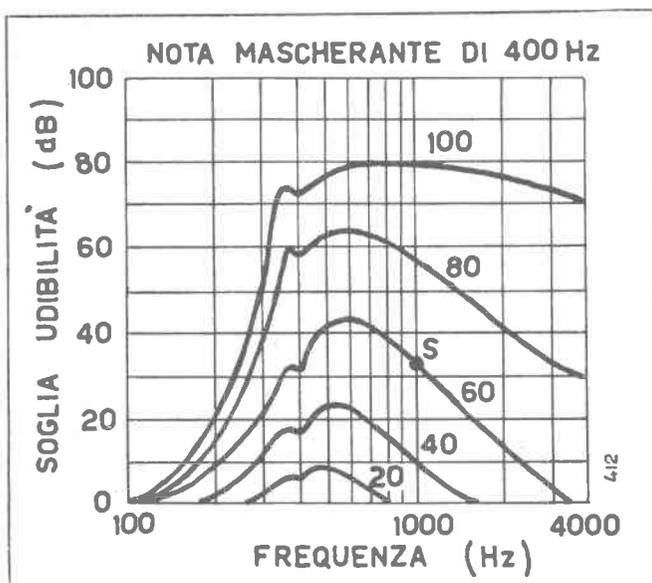



Fig. 1. — Effetto mascherante di una nota pura di 400 Hz per diversi valori della sua sonorità.

Da dette curve si rileva che il mascheramento ha il massimo effetto fra suoni che abbiano frequenze quasi eguali; il che è intuitivo. Se le due note hanno frequenze sensibilmente diverse, *una nota pura maschera più facilmente una nota di tono più elevato che non una nota di tono più basso.* Ma una nota bassa non maschera una nota alta la cui frequenza sia molto lontana dalla propria, a meno che la prima non sia molto forte.

Quanto detto vale per l'audizione *monoaurale*, ossia effettuata con un solo orecchio; nell'audizione *binaurale*, il fenomeno è molto meno accentuato perchè, come s'è ripetutamente detto, la facoltà stereofonica dell'apparato uditivo ne attenua l'effetto.

Ebbene, l'impiego del microfono corrisponde alla ricezione monoaurale anche se ne vengono usati contemporaneamente più d'uno, perchè, come s'è detto, è nel cervello che ha sede l'impressione della localizzazione.

Per poter valutare l'effetto deleterio del mascheramento nella ripresa (specialmente quello provocato dalle note basse), basta assistere al dosaggio di una trasmissione da un teatro. Se la sala ed il palcoscenico sono assolutamente esenti da rumori estranei, si può ottenere una riproduzione chiarissima del canto e della orchestra; ma basta l'ingresso rumoroso, sulla scena, di masse che si agitino e parlottino creando un cupo brusìo, perchè la chiarezza scompaia all'improvviso; e non v'è accorgimento che valga a ristabilirla, tranne l'inclusione di filtri che aboliscano dalla gamma riprodotta le frequenze molto basse che caratterizzano la maggior parte dei rumori di scena; il che, d'altra parte, reca pregiudizio alla bontà della ripresa.

Fig. 2. — Effetto mascherante di una nota pura di 2400 Hz per diversi valori della sua sonorità.

Il fatto che agli spettatori in teatro tale effetto mascherante passi quasi inosservato, è una riprova che questo viene aggravato dall'ascolto monoaurale.

3. Rapporto acustico e sua influenza sulla chiarezza e sull'effetto di ambiente.

Una volta assodato che l'ascolto di una ripresa microfonica, effettuato a mezzo di altoparlante, è inevitabilmente affetto da manchevolezze che infirmano la fedeltà della riproduzione, esaminiamo quali siano i fattori sui quali è possibile giocare per ottenere soddisfacenti riproduzioni, nelle quali il senso architettonico dell'ambiente esiste, e talvolta in misura notevolissima, e nelle quali il mascheramento dei suoni non pregiudica eccessivamente la chiarezza.

Elenchiamo questi fattori:

1) le qualità acustiche della sala di ripresa; prima fra tutte, una adatta riverberazione;

2) una giusta dislocazione delle varie sorgenti sonore, in relazione alla conformazione architettonica della sala e al trattamento acustico delle sue pareti;

3) una opportuna multiplazione dei microfoni (qualora un solo microfono sia insufficiente) ed una ben studiata postazione di essi sia nei confronti delle posizioni delle singole sorgenti, sia in relazione alle caratteristiche acustiche della sala di ripresa;

4) una opportuna scelta delle caratteristiche direzionali dei microfoni;

5) un accurato dosaggio dei vari microfoni per ottenere, oltre che il giusto equilibrio dei suoni diretti e riflessi, anche un giusto rapporto fra ciascun suono diretto ed il suono riverberato.

Tale rapporto noi chiameremo, secondo la terminologia usata da alcuni autori, *rapporto acustico.* Una felice scelta dei rapporti acustici attribuiti alle varie sorgenti sonore, consente, come ora vedremo, una discriminazione di piani sonori la quale, benchè fittizia, crea un provvidenziale senso di ambiente.

Piano sonoro può definirsi il luogo geometrico dei punti di postazione di uno o più microfoni, nei quali questi dànno, nella riproduzione, l'impressione di una eguale distanza dalla sorgente sonora; esso può, viceversa, definirsi anche il luogo geometrico dei punti di postazione di una o più sorgenti, nei quali queste dànno l'impressione di una stessa distanza. Una coesistenza di vari piani sonori è l'unica risorsa che si abbia a disposizione nella ripresa, per raggiungere determinati effetti scenici; e vedremo che essa consente una separazione apparente delle varie sorgenti e quindi contribuisce alla chiarezza;

6) un opportuno rapporto fra il tempo di riverberazione della sala di ripresa e quella della sala di ascolto.

Che ciascuno di questi sei fattori elencati, abbia influenza nella condotta della ripresa sonora, è intuitivo. Sarebbe interessante studiarli separatamente per valutare il loro apporto alla riuscita di un buon ascolto; ma occorrerebbe ben altro spazio di quello che ci è concesso. Dato lo scopo che ci siamo proposto, a noi basta render palese che tali fattori concorrono tutti alla soluzione del problema della resa dell'effetto di ambiente, che è strettamente collegato a quello della discriminazione dei vari piani sonori; e questo a sua volta si identifica con quello della riduzione dei dannosi effetti del mascheramento.

Ma quale è il perchè di questa identificazione? Cercheremo, se non di dimostrarlo, per lo meno di renderlo intuibile.

Cominciamo a vedere come il rapporto acustico si possa esprimere analiticamente.

Le formule che esprimono la densità energetica E_d del suono diretto e la densità energetica E_R del suono riverberato, qualora si ammetta che la sorgente sonora sia unica e che si impieghi un solo microfono, sono le seguenti:

$$[3] \qquad E_d = \frac{W}{4\,\pi\,c\,d^2}$$

$$[4] \qquad E_R = \frac{4\,W\,(1 - a)}{c\,a\,S}.$$

In queste notissime formule i simboli hanno i seguenti significati:

W = potenza della sorgente sonora;
c = velocità del suono;
a = coefficiente di assorbimento medio di tutto il materiale esistente nella sala (pareti comprese);
d = distanza del microfono dalla sorgente sonora;
S = superficie totale del materiale assorbente.

Ed essendo, per la formula di Sabine

$$a\,.\,S = 0{,}161\,\frac{V}{T_r}$$

risulta

$$[5] \qquad E_R = \frac{4\,W\,(1 - a)\,T_r}{c\,.\,0{,}161\,.\,V} = \frac{W\,.\,T_r\,(1 - a)}{13{,}5\,V}$$

dove V è il volume della sala di ripresa e T_r il tempo di riverberazione.

Ne consegue che il rapporto acustico, che chiamiamo R, sarà espresso da

$$[6] \qquad R = \frac{E_d}{E_R} = \frac{W}{4\,\pi\,c\,d^2}\,.\,\frac{13{,}5\,V}{W\,T_r\,(1 - a)} =$$

$$= 0{,}004\,\frac{V}{d^2\,T_r\,(1 - a)}.$$

Facciamo un esempio per trarne delle conclusioni che, a prima vista, sembrano contrastare con l'evidenza.

Si abbia una comune sala di abitazione, e siano

$$V = 200\ \text{m}^3$$
$$T_r = 0{,}8\ \text{sec}$$
$$d = 2\ \text{m}.$$

Supponiamo che l'assorbimento totale della sala sia di scarsa entità ossia che la riduzione della riverberazione sia ottenuta più per mezzo di materiale diffondente che di materiale assorbente, sì da poter trascurare il termine a nella [6] (il che costituisce uno dei criteri seguiti nella costruzione degli auditori del nuovo palazzo della RAI in Milano). Risulta allora:

$$R = 0{,}004\,\frac{200}{4 \times 0{,}8} = 0{,}25\,.$$

Il che significa che in una stanza che presenti le suddette caratteristiche, a due metri di distanza dalla sorgente sonora, l'energia del suono diretto è solo il 25 % della energia del suono riverberato; e qui si tratta di energia reale; si tratta, cioè, puramente di grandezze fisiche. La stanza suddetta (200 m³) è una piccola stanza; e se durante una conversazione due interlocutori parlano in essa, distanziati di 2 metri, certamente essi non hanno la sensazione che il suono riverberato sia quattro volte più forte del suono diretto; ciò significa che il microfono, strumento fisico, riproduce la proporzione dei due suoni più fedelmente che non l'apparato uditivo. Questo fatto che a prima vista sembra paradossale, si spiega pensando che mentre il microfono risponde fisicamente ad una realtà fisica, l'orecchio vi risponde fisiologicamente, mediante una provvidenziale compensazione; ed è questo fatto che spiega la ragione, apparentemente strana, per cui la riproduzione di un suono a mezzo di microfono, effettuata in una comune sala di abitazione, è caratterizzata da una riverberazione molto maggiore di quella che nella stessa sala si avverte all'ascolto diretto. Ciò parve costituire un serio ostacolo alle persone addette alla ripresa sonora nei primordi della radiofonia circolare; e si ricorse allora, quale rimedio, all'uso esclusivo di materiali assorbenti porosi, infarcendone gli studi di trasmissione, con conseguente pregiudizio della qualità del suono, causato da una disparità di assorbimento alle varie frequenze da parte di detti materiali.

L'impressione della esaltazione della riverberazione nella ripresa sonora, giustifica in parte lo sviluppo dell'impiego dei microfoni unidirezionali e bidirezionali, i quali riducono ad 1/3 l'influenza del suono riverberato; essi consentono anche la possibilità di escludere o ridurre l'influenza dei suoni diretti non desiderati, il che contribuisce a rendere più agevole l'equilibrio delle varie sorgenti.

Esaminiamo la formula [6]; essa mostra che per una sala caratterizzata da determinati valori dei fattori V, T_r ed a, per variare il rapporto acustico, è necessario e sufficiente variare la distanza d fra la sorgente ed il microfono; difatti, si varia così l'influenza del suono diretto, mentre il suono riverberato non subisce alterazione; ma durante la ripresa lo stesso risultato si può ottenere mantenendo inalterata la distanza della sorgente (e quindi immutata l'efficienza del suono diretto) e variando artificialmente l'effetto della riverberazione mediante l'inclusione in circuito di un altro microfono più o meno distanziato; e nel caso che si voglia solamente *diminuire* il rapporto acustico per ottenere un più sensibile effetto di ambiente, più conveniente ancora è l'impiego di una camera riverberante il cui apporto è indipendente dall'azione dei suoni diretti.

L'aumento del rapporto acustico, corrispondendo ad una maggiore efficacia del suono diretto, dà l'idea di un avvicinamento della sorgente; la diminuzione del rapporto acustico produce l'effetto contrario; ne consegue che variare i rapporti acustici di varie sor-

genti coesistenti, corrisponde a variare i loro piani sonori e quindi le loro distanze; il che consente, nella ripresa della commedia e dell'opera dai teatri, di ottenere degli effetti di movimento che rendono più viva l'azione scenica; e nella ripresa di complessi musicali, di conferire una impressione plastica della dislocazione dei vari strumenti.

Abbiamo detto che la discriminazione dei vari piani sonori, oltre a favorire il lato estetico della ripresa, contribuisce alla chiarezza e quindi alla fedeltà della riproduzione, in quanto essa attenua l'azione nociva del mascheramento dei suoni; è difficile dare una rigorosa spiegazione scientifica di questo benefico effetto, dato che essa coinvolge fattori fisiologici; probabilmente essa va ricercata nel fatto che la diversità dei rapporti acustici delle varie sorgenti sonore rispetto ai microfoni in funzione, costituisce un elemento di differenziazione nei riguardi di esse sorgenti; le curve che abbiamo riportato nelle figure 1 e 2 riferentisi al mascheramento, riguardano la reciproca azione di *note pure;* se i suoni invece di essere puri sono complessi e quindi di timbro diverso, l'effetto mascherante è molto meno sentito, perchè la loro coesistenza comporta un gioco di armoniche che per i suoni puri non esiste.

Ebbene, agire sul rapporto acustico per differenti suoni coesistenti corrisponde ad accentuare la diversità dei loro timbri, dato che qualsiasi suono riverberato è ricco di modi particolari di vibrazione, caratteristici della sala di ripresa. Ne consegue che una differenziazione dei rapporti acustici delle varie sorgenti di un complesso, attenua l'effetto mascherante e quindi aumenta la chiarezza.

È questa una ipotesi che crediamo sia del tutto personale e che potrà corrispondere più o meno alla realtà dei fatti; ma essa nasce dall'esperienza; una certa familiarità con la manovra pratica dei vari potenziometri del dosatore durante le riprese, dà la possibilità di sentire come la variazione dei rapporti acustici possa creare variazioni di piani sonori e conseguentemente variazioni della selettività della percezione.

4. Vantaggi e svantaggi della multiplazione dei microfoni - Camera riverberante.

Le considerazioni che abbiamo sin qui esposte, ci consentono di disporre di valevoli elementi di giudizio, da addurre nella *vexata quaestio* della opportunità o meno di impiegare, nella ripresa, più di un microfono.

Sono oramai passati trent'anni dai giorni in cui la radiofonia si cimentò con le prime trasmissioni musicali, ed ancora si sente il bisogno di discutere su questo argomento. Ma ciò non deve meravigliare: infatti, la qualità di una ripresa non dipende unicamente da una più o meno riuscita combinazione di trasduttori; v'è anche la influenza dell'ambiente che è altrettanto e forse anche più importante, se si considera che mentre le apparecchiature, una volta che siano a buon punto, hanno caratteristiche fisse su cui si può esercitare sicuramente il controllo, gli ambienti di ripresa rappresentano sempre un'incognita, mutevole sotto numerosi aspetti. Il pretendere di stabilire delle regole fisse, riguardanti il numero e la postazione dei microfoni da impiegare, è assolutamente utopistico; ancor più utopistica è la pretesa di voler adottare sempre e dovunque un solo microfono; è bensì vero che talvolta un concerto sinfonico eseguito da una grande orchestra può essere egregiamente ripreso con un solo microfono; ma quasi certamente il merito è più della sala che del sistema; e poi, pur essendo riusciti ad ottenere un risultato accettabile, non è affatto escluso che l'aggiunta di uno o più microfoni avrebbe potuto conferire un miglior risalto a qualche effetto musicale che è risultato alterato dal fenomeno del mascheramento.

È evidente che, in qualsiasi sala, pronunciati effetti mascheranti *durante la ripresa* possono essere generati, anche se l'orecchio non lo avverte all'ascolto diretto, da fenomeni di riflessione, di interferenza, di onde stazionarie e di concentrazioni di suono dovute a superfici concave. Abbiamo esaminato le ragioni fisiologiche del divario esistente, sotto questo aspetto, fra ascolto diretto ed ascolto attraverso la ripresa; ma è altrettanto vero che gli effetti mascheranti, dovuti a tali fenomeni, variano moltissimo col variare del punto di postazione del microfono, sia rispetto alle sorgenti sonore che rispetto alle superficie di contorno della sala. È chiaro allora che se nell'istante in cui il mascheramento si manifesta per un microfono, esistono altri microfoni in altri punti ben scelti dell'ambiente, il fenomeno verrà ad essere certamente attenuato.

Le cause determinanti che abbiamo ora elencato, sono tutte inerenti all'acustica architettonica della sala; si potrebbe quindi obiettare che se questa è bene progettata, la loro azione nociva può essere evitata; ed a questo tendono infatti i moderni criteri costruttivi, basati sull'impiego di superficie diffondenti e risonanti, quali sono state adottate negli auditori del palazzo della nuova sede della RAI in Milano e descritte in altre parti di questa rivista; ma è sempre molto difficile raggiungere la perfezione in questo campo.

D'altra parte il mascheramento esiste anche indipendentemente dalle superficie di contorno dell'ambiente; esiste anche se si considerano i soli suoni diretti. Le curve rappresentate nelle figure 1 e 2 sono state infatti tracciate basandosi esclusivamente sull'effetto dei suoni diretti; e sotto questo aspetto è chiaro che se l'effetto mascherante si manifesta per un microfono, soltanto l'ausilio di un altro microfono differentemente piazzato potrà attenuarne od addirittura annullarne l'effetto.

A parte questo vantaggio che è di evidenza lapalissiana, una adatta multiplazione di microfoni consente, come s'è fatto rilevare, di graduare il rapporto acustico dei vari strumenti, e quindi l'effetto di ambiente, in maniera più opportuna di quanto non consenta l'impiego di un solo microfono.

Questo può essere del tipo unidirezionale, bidirezionale ed omnidirezionale, a seconda delle circostanze della sala e della struttura del complesso sonoro; se la sala presenta un tempo di riverberazione molto limitato, sarà opportuno impiegare un microfono omnidirezionale il quale è influenzato più degli altri dal suono riverberato; ma molte volte, se la sala oltre ad essere sorda, presenta particolari difetti di propagazione delle onde, è preferibile che il microfono sia influenzato quasi esclusivamente dai suoni diretti, ossia che esso sia del tipo unidirezionale; ed in questo caso se esistono dei microfoni unidirezionali aggiunti, ciascuno di essi presenterà un rapporto acustico alto per gli strumenti vicini, e basso per quelli lontani, concedendo per questi un effetto ambientale più appropriato.

Il principale svantaggio che comporta la multiplazione è il rischio che il suono prodotto da una sorgente, giungendo con fase diversa ai vari microfoni, determini dannose interferenze; queste, su alcune frequenze provocano aumento di livello, mentre su altre provocano diminuzione; ne possono quindi nascere distorsioni e squilibri di sonorità.

Ma raramente tale effetto arreca pregiudizio notevole, dato che è in gran parte compensato da un diverso comportamento dei suoni riflessi. Ad ogni modo è sempre maggiore il danno prodotto dal mascheramento, cui non si può porre alcun rimedio usando un solo microfono.

Se poi nel complesso esistono dei solisti di canto o strumentali, l'impiego di un solo microfono è senz'altro da escludere, perchè soltanto il caso potrebbe concedere la grazia di un perfetto equilibrio di sonorità fra solisti e masse, e della salvaguardia dall'effetto mascherante, durante tutta una esecuzione; basterebbe che un solista durante la ripresa definitiva prendesse una posizione o producesse sonorità, diverse da quelle considerate adatte durante le prove, perchè si verificasse uno squilibrio non previsto. Bisogna in proposito tener presente che, agli effetti dell'equilibrio delle sonorità e dell'effetto mascherante, manca nella ripresa la risorsa della suggestione visiva, la quale determina quella facoltà dell'ascolto intenzionale che, come abbiamo detto, è di aiuto nell'ascolto diretto.

Tutto sommato, l'esperienza e la teoria dimostrano che l'impiego di un solo microfono nella ripresa di complessi sonori, non è da considerare una norma sistematica e che è senz'altro da scartare se nel complesso esistono solisti. La multiplazione, d'altro canto, comporta la necessità del dosaggio dei vari microfoni; il che implica il rischio che la persona addetta alla ripresa alteri l'interpretazione del direttore d'orchestra o del regista, adottando dei criteri personali, il che costituisce un argomento molto scabroso; ma esso coinvolge più il lato polemico che quello scientifico della questione, e non è qui il caso di soffermarvisi.

Abbiamo detto or ora che la multiplazione può agire vantaggiosamente anche sull'effetto di ambiente, attraverso una variazione regolabile del rapporto acustico; ma è interessante vedere come questa possa esprimersi quantitativamente. È noto che per raggiungere l'equilibrio dei livelli dei vari microfoni, ci si serve del dosatore al quale fanno capo le correnti foniche già amplificate da un primo stadio; ciascuna di queste viene, sul dosatore, regolata da un potenziometro separato, in maniera da non influire menomamente sulle altre.

In figura 3 è rappresentato un auditorio le cui caratteristiche acustiche sono tali da provocare un tempo di riverberazione diverso nei vari punti in cui possono essere piazzati i microfoni. Per semplificare il ragionamento, supponiamo che esistano una sola sorgente sonora S e due soli microfoni M_1 e M_2 (i cui livelli siano regolati da un dosatore); le loro rispettive distanze dalla sorgente siano d_1 e d_2.

Chiamiamo R_1 il rapporto acustico riferentesi all'energia sonora agente su M_1, ed R_2 il rapporto acustico relativo ad M_2.

Il rapporto acustico complessivo R (e quindi il piano sonoro che compete alla sorgente S) all'uscita del dosatore, sarà determinato dal rapporto fra la somma dei suoni diretti e la somma dei suoni riverberati apparenti ripresi contemporaneamente dai due microfoni; diciamo suoni riverberati *apparenti* perchè, come è noto, il livello del suono riverberato all'uscita di un microfono, varia a seconda delle caratteristiche direzionali di questo, dalla sua postazione e dal suo orientamento.

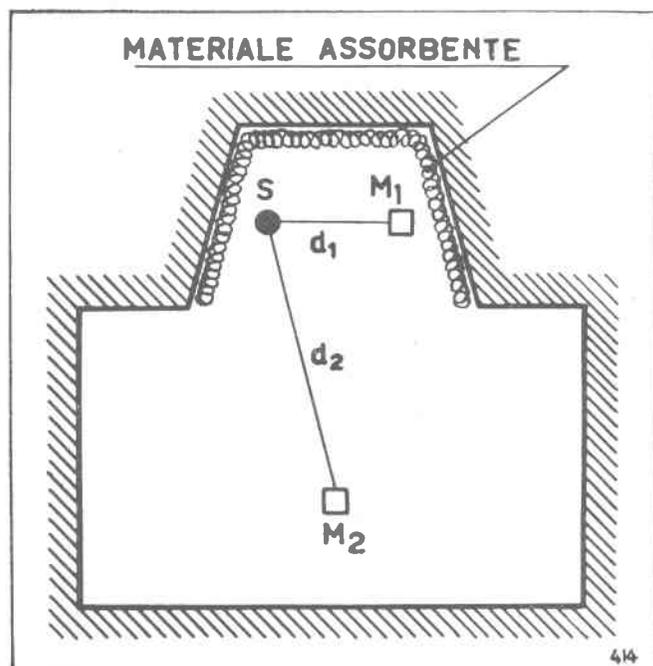



Fig. 3. — Variando i livelli elettrici dei microfoni M_1 ed M_2 si ottengono variazioni del piano sonoro della sorgente S.

Possiamo quindi scrivere:

$$[7] \quad R = \frac{\Sigma \text{ livelli elettrici prodotti dai suoni diretti}}{\Sigma \text{ livelli elettrici prodotti dai suoni riverberati}} .$$

Se i due microfoni fossero identici e se l'attenuazione dei due potenziometri fosse la stessa, i due sommatori su indicati sarebbero proporzionali ai sommatori che si otterrebbero considerando, invece dei livelli di uscita, i suoni che li determinano agendo sui rispettivi microfoni.

Ma siccome i livelli sono inversamente proporzionali alle attenuazioni dei potenziometri e queste variano da istante ad istante durante il dosaggio onde poter raggiungere il dovuto equilibrio, dobbiamo scrivere:

$$[8] \qquad R = \frac{S_{d_1} + X_2\, S_{d_2}}{S_{r_1} + X_2\, S_{r_2}}$$

dove con X_2 indichiamo il rapporto in decibel fra l'attenuazione del microfono M_1 e quella del microfono M_2; con S_{d_1} ed S_{d_2} indichiamo rispettivamente il suono diretto sul microfono M_1 e quello diretto sul microfono M_2; con S_{r_1} ed S_{r_2} indichiamo rispettivamente il suono riverberato agente sul microfono M_1 e quello agente sul microfono M_2.

Ma per la stessa definizione di rapporto acustico, si può scrivere:

$$S_{d1} = R_1 \,.\, S_{r1} \,,$$

e

$$S_{d2} = R_2 \,.\, S_{r2} \,.$$

Sarà allora

$$[9] \qquad R = \frac{R_1 \,.\, S_{r1} + X_2 \,.\, R_2 \,.\, S_{r2}}{S_{r1} + X_2 \,.\, S_{r2}} .$$

La formula mostra quantitativamente come la variazione di X_2, ossia la manovra dei potenziometri, faccia variare il rapporto acustico complessivo e quindi l'effetto di ambiente.

Ammettendo che sia $S_{r1} = S_{r2}$, il che avviene quando il suono nella sala è ben diffuso, possiamo scrivere:

$$R = \frac{R_1 + X_2 \,.\, R_2}{1 + X_2}. \qquad [10]$$

Se i microfoni invece di due sono in numero n, la [10] si trasforma nella seguente:

$$R = \frac{R_1 + X_2 \,.\, R_2 + ... + X_n\, R_n}{1 + X_2 + ...X_n}. \qquad [11]$$

Se le sorgenti invece di una sono in numero maggiore, l'espressione si complica; ma il concetto d'impostazione resta immutato.

E tale concetto è valido anche se si vuole esprimere il rapporto acustico risultante dall'impiego di una *camera riverberante*. L'artificio della camera riverberante risale ai primi anni dell'esercizio radiofonico; la Radio Italiana lo adottò fin dal 1926, quando cominciò le trasmissioni di complessi lirici e sinfonici nell'auditorio della prima stazione milanese, il quale, secondo la moda del tempo, era reso sordo da molto materiale assorbente.

Il principio, molto noto ormai, sul quale si basa l'artificio della camera riverberante è illustrato molto rudimentalmente in figura 4; si vede facilmente che al dosatore D pervengono due correnti, le quali sono da questo regolate mediante gli attenuatori p_1 e p_2; la prima, i_1, debitamente amplificata dallo stadio a, proviene dal microfono di ripresa M_1 situato nell'auditorio A; la seconda, i_2, proviene dal microfono M_2 situato nella camera riverberante CR. Il microfono M_2 è influenzato dal suono riverberato di detta camera, suono provocato dall'altoparlante A_t; questo è azionato dallo stesso microfono di ripresa M_1. L'attenuatore p_1 dosa il suono diretto ed il suono riverberato della sala di ripresa; l'attenuatore p_2 dosa il suono riverberato della camera riverberante; è preferibile che il suono diretto prodotto dall'altoparlante A_t non azioni il microfono M_2, onde evitare l'interferenza di uno stesso suono diretto che segue due percorsi; si ottiene così la variazione del rapporto acustico, agendo solamente sul suono riverberato senza aggiungere alterazioni di dubbio effetto nel giuoco dei suoni diretti.

Come si può esprimere in formula la riverberazione risultante, usando la camera riverberante?

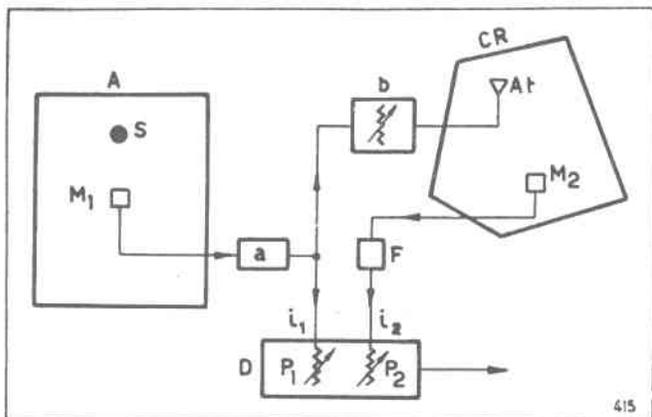



Fig. 4. — Schema di principio della camera riverberante.

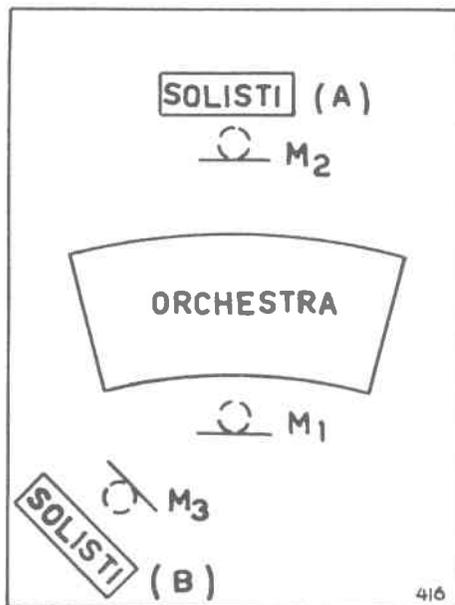



Fig. 5. — Due tipi di postazione del microfono dei solisti in una formazione orchestrale.

Ci possiamo servire, «mutatis mutandis», della formula [9]. Basta abolire in questa il secondo termine del numeratore, il quale termine rappresenterebbe in questo caso il suono diretto agente sul microfono M_2; e noi vogliamo che questo suono sia trascurabile.

Risulta

$$R = \frac{R_1\, S_{r1}}{S_{r1} + X_2 \,.\, S_{r2}}. \qquad [12]$$

In questa formula, al numeratore compare il solo suono diretto che agisce nell'auditorio di ripresa; al denominatore compare il suono riverberato di detto auditorio; e compare il suono riverberato della camera riverberante, dosato per mezzo delle variazioni del fattore X_2 che, come s'è detto, è il rapporto fra l'attenuazione del potenziometro p_1 e quella del potenziometro p_2.

È interessante far notare che il valore di S_{r2}, ossia del suono riverberato della camera riverberante, è influenzato (attraverso l'altoparlante) dal valore S_{r1}, ossia dalla riverberazione della sala di ripresa.

È questo un comportamento perfettamente affine a quello determinante la riverberazione composita di una sala di ascolto cui non è estraneo l'apporto della riverberazione della sala di ripresa; e di ciò parleremo nel prossimo comma, dove tratteremo l'argomento dei requisiti di una sala di controllo.

Tornando al sistema della multiplazione dei microfoni in una sala di ripresa, è bene far rilevare gli accorgimenti necessari a che esso non rechi pregiudizio anzichè costituire un vantaggio; la regolazione di uno dei microfoni intesa a stabilire un giusto equilibrio dei suoni diretti, può provocare variazioni inopportune del rapporto acustico complessivo e, di conseguenza, del complesso dei vari piani sonori.

È quel che succede talvolta durante la ripresa di formazioni liriche, se le posizioni dei solisti non sono ben studiate nei rapporti con le caratteristiche direzionali dei microfoni e con le postazioni di questi.

In figura 5 è rappresentata una formazione lirica, tipo oratorio. I solisti possono essere piazzati nella posizione A o nella posizione B; i microfoni sono del tipo unidirezionale come mostra la loro caratteristica direzionale punteggiata.

Se i solisti sono nella posizione A, è chiaro che le variazioni dell'attenuazione del potenziometro del microfono M_1 destinato alla ripresa dell'orchestra (variazioni rese *necessarie* per mantenere la dinamica nei giusti limiti e per ristabilire l'equilibrio che i microfoni non sono di solito propensi a rispettare) producono variazioni sensibilissime del rapporto acustico riferentesi ai suoni da essi solisti prodotti; ciò è causa di variazioni sensibili dei loro piani sonori, molto dannose agli effetti musicali e per nulla giustificate da apparenti esigenze sceniche. Se viceversa i solisti sono nella posizione B, i loro suoni diretti agiranno sul microfono M_3, ma non sul microfono M_1 destinato all'orchestra, data la caratteristica unidirezionale di questo.

Nelle riprese dai teatri, il forte dislivello di altezza tra palcoscenico e golfo mistico, salvaguarda da tale preoccupazione; il che è provvidenziale, dato che nei teatri i movimenti degli artisti sulla scena creano già per loro conto gravissimi problemi riguardanti le variazioni dei rapporti acustici.

5. Influenza delle caratteristiche acustiche della sala di ascolto sul controllo della ripresa.

È questo un argomento al quale di solito non si attribuisce la debita importanza nell'esercizio della ripresa sonora; non solo esso viene spesso sottovalutato nei riguardi della stanza in cui si effettua il dosaggio, delicatissima operazione da cui dipendono l'equilibrio delle varie sonorità, la chiarezza, il senso di ambiente e l'apprezzamento uditivo della giusta dinamica (il controllo visivo di questa, è fatto dall'indicatore di livello); ma esso è sottovalutato anche quando si fa ascoltare ad un maestro che ha diretto un'opera o un concerto sinfonico, o ad un regista che ha realizzato l'esecuzione di una commedia, la relativa registrazione, in una sala non adatta.

In entrambi i casi, sulla realtà della riproduzione si dà un giudizio fallace, che può indurre nella condotta della ripresa, ad effettuare dei cambiamenti più nocivi che utili.

È per questo che la RAI, nel costruire le sale di ripresa dei vari auditori nel nuovo palazzo della sede di Milano, ha curato al massimo l'acustica delle sale di controllo, secondo moderni criteri. Vedremo che queste devono presentare caratteristiche particolari, diverse, per quel che concerne il tempo di riverberazione, da quelle che deve presentare una buona sala di ascolto normale.

Vale la pena di soffermarci su alcuni argomenti dell'acustica architettonica, che chiariscono il comportamento di una sala di ascolto; sono argomenti noti, ma è bene metterli in risalto per arrivare a conclusioni pratiche.

Ogni sala può essere considerata, sotto l'aspetto acustico, quale un insieme di risuonatori, ciascuno dei quali ha un proprio modo naturale di vibrazione, che corrisponde alla frequenza di risonanza del risuonatore; se nella sala viene prodotto il così detto *suono bianco*, che è un rumore contenente tutta la gamma delle frequenze acustiche, ciascun risuonatore verrà eccitato da quella componente del *suono bianco* la cui frequenza corrisponde al proprio modo naturale di vibrazione; se viceversa il suono prodotto è un qualunque suono complesso, formato da una nota fondamentale e da determinate armoniche, saranno eccitati e mantenuti in vibrazione soltanto quei modi naturali che corrispondono a tutte le frequenze di quel suono.

È chiaro quindi che più una sala è ricca di modi naturali di vibrazione, e più uniformemente essa risponderà a tutti i suoni in essa prodotti, ossia più pregevole sarà la sua acustica.

Allorchè la sorgente sonora, che per semplicità di ragionamento supponiamo unica, partendo dallo stato di riposo entra in vibrazione, prima che essa imponga forzatamente le proprie oscillazioni all'ambiente e che queste raggiungano lo stato di regime, saranno eccitate anche delle oscillazioni *transitorie* corrispondenti ai modi naturali di vibrazione dell'ambiente, dei quali alcuni si esauriscono presto, in tempo più o meno lungo, in maniera analoga al comportamento dei transienti che caratterizzano l'inizio delle vibrazioni di un corpo vibrante.

Le oscillazioni forzate *aventi la frequenza dalla sorgente*, perdurano, nello stato di regime, fino a che essa sorgente vibra ed hanno ampiezza dipendente dalla energia e dalla frequenza di questa, dalla impedenza acustica del materiale costituente le superficie delle pareti (non teniamo conto degli oggetti o persone contenuti nella sala) e dalla postazione sia della sorgente che del punto di ascolto.

La distribuzione del contenuto energetico di queste oscillazioni, è una delle principali cause determinanti le qualità acustiche di una sala, così come in un violino i modi naturali di vibrazione dei risuonatori multipli che la cassa dello strumento determina con la sua forma e la qualità del suo legno, sono i principali fattori della bontà dello strumento.

Il numero dei modi di vibrazione importanti eccitati, varia a seconda delle dimensioni e della forma della sala.

Allorchè la sorgente cessa di vibrare, cesseranno le onde stazionarie costituenti le oscillazioni forzate, ma i modi naturali di vibrazione perdureranno con la loro frequenza propria, seguendo un andamento che, nella media, è esponenziale.

È questo perdurare dei modi naturali di vibrazione che costituisce la *riverberazione* dell'ambiente.

La soglia di udibilità sarà raggiunta in un tempo (chiamato *tempo di riverberazione*) più o meno lungo, a seconda dell'orientamento e della forma delle pareti, ed a seconda dell'efficienza di tutto il materiale assorbente che esiste nella sala.

La curva di decrescenza del suono residuo, sarà evidentemente la risultante delle curve decrementali di tutti i modi di vibrazione, i quali interferiscono fra di loro, producendo note somma, note differenza e battimenti, sì che essa, rilevata da un oscillografo, presenta delle *fluttuazioni* che alterano il suo andamento esponenziale.

È intuitivo che esse saranno tanto più avvertite e quindi più dannose, quanto più esse saranno rade e profonde, e lo saranno tanto più quanto minore è il numero dei modi naturali di vibrazione; e siccome questo diminuisce col diminuire del volume della sala, se ne deduce che le piccole sale raramente sono esenti da difetti e mal si adattano alle riproduzioni musicali.

Per renderci conto di quanto abbiamo sin qui asserito, esaminiamo i criteri di impostazione che conducono alle espressioni matematiche caratterizzanti i modi di vibrazione.

Siano (fig. 6) A e B due delle pareti parallele totalmente riflettenti, di una sala parallelepipeda. Vediamo che relazione esiste fra le possibili frequenze delle onde stazionarie manifestantisi sotto l'azione del *suono bianco*, e la lunghezza l che separa le due pareti.

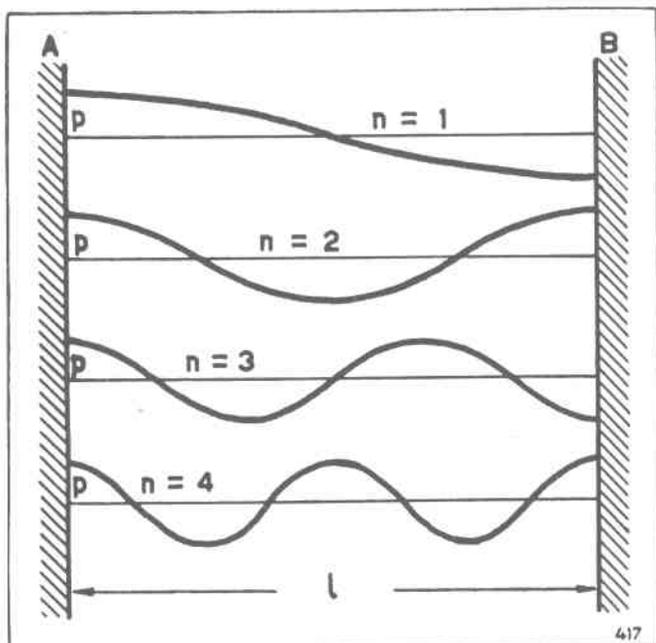



Fig. 6. — Diagrammi delle pressioni dei primi quattro modi naturali di vibrazione eccitabili fra due pareti lisce parallele *A* e *B*.

Siccome su queste, la pressione (rappresentata dalle ordinate delle curve) ha sempre un ventre, dato che si tratta di onde stazionarie, la curva 1 (1° modo di vibrazione) rappresenterà la massima lunghezza d'onda, ossia la minima frequenza; possiamo per essa evidentemente scrivere

$$[13] \qquad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2l}$$

dove c è velocità del suono, λ la lunghezza d'onda ed f la frequenza.

Per la curva 2 (2° modo di vibrazione) sarà

$$f = \frac{c}{2l} \times 2 .$$

Per la curva 3 (3° modo di vibrazione) sarà

$$f = \frac{c}{2l} \times 3 .$$

Ed in genere, per l'n^mo^ modo di vibrazione la frequenza sarà:

$$[14] \qquad f_n = \frac{c\,n}{2l} .$$

Ciò che abbiamo detto per una coppia di pareti parallele, possiamo ripetere per le altre della sala; se questa è parallelepipeda, facciamo coincidere le tre dimensioni l_x, l_y, l_z con tre assi cartesiani x, y, z e chiamiamo f_{nx}, f_{ny}, f_{nz} le frequenze corrispondenti ai modi naturali di vibrazione che si stabiliscono lungo i detti tre assi.

Siccome il suono prodotto dalla sorgente agisce contemporaneamente su tutte le pareti, le varie onde riflesse si combineranno in maniera tale che il moto risultante sarà armonico. Ciò si può dimostrare partendo dalla nota equazione dell'onda riferita a coordinate rettangolari

$$[15] \qquad \frac{\delta^2 p}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 p}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 p}{\delta z^2} = \frac{1}{c^2}\,\frac{\delta^2 p}{\delta t^2}$$

dove p è la pressione.

La risoluzione della [15], porta ai seguenti valori della pressione e della frequenza:

$$[16] \qquad p_n = A_n \left[\cos\frac{n_x \pi}{l_x} x \,.\, \cos\frac{n_y \pi}{l_y} y \,.\, \cos\frac{n_z \pi}{l_z} z\right]$$

e

$$[17] \qquad f_n = \sqrt{f_{nx}^2 + f_{ny}^2 + f_{nz}^2}$$

e per la [14]

$$[18] \qquad f_n = \frac{c}{2}\sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2}$$

nelle quali

p_n = pressione relativa al modo di vibrazione di ordine n, nel punto di ambiente di coordinate x, y, z;

f_n = frequenza dell'n^mo^ modo di vibrazione *risultante* nel punto suddetto;

n_x, n_y, n_z = numero d'ordine del modo di vibrazione ($n = 1, 2, 3...$) rispettivamente sugli assi x, y, z;

A_n = valore massimo di p_n.

La [16] ci conferma che il moto è armonico; la [17], in base agli insegnamenti della geometria analitica ci dice che se su un sistema di tre assi cartesiani riportiamo i valori di f_{nx}, f_{ny}, f_{nz}, la f_n sarà rappresentata dalla diagonale del parallelepipedo costruito su detti valori; la direzione di questa rappresenta la direzione dell'onda determinante i vari modi di vibrazione. Ciò è rappresentato dal diagramma della figura 7. Da esso risulta che i suddetti valori f_{nx}, f_{ny}, f_{nz} hanno rispettivamente per *valore unitario* le quantità $\frac{c}{2\,l_x}$, $\frac{c}{2\,l_y}$, $\frac{c}{2\,l_z}$; ed *ogni modo di vibrazione sarà rappresentato da un punto dello spazio di frequenza*, di cui la coordinata x sarà un numero intero di segmenti unitari $\frac{c}{2\,l_x}$, la coordinata y sarà un numero intero di segmenti unitari $\frac{c}{2\,l_y}$, la coordinata z sarà un numero intero di segmenti unitari $\frac{c}{2\,l_z}$; i suddetti tre numeri interi possono essere eguali o differenti fra loro. La lunghezza del segmento congiungente detto punto con l'origine delle coordinate, rappresenta, ripetiamo, la frequenza del modo di vibrazione che si considera. In definitiva resta dimostrato che ciascun modo naturale di vibrazione è rappresentato da uno dei punti di intersezione dei segmenti formanti il reticolo.

Questa rappresentazione è molto utile per far rilevare il diverso comportamento delle sale in relazione al loro volume; essa chiarisce l'argomento che stiamo svolgendo e che riguarda le difficoltà che si incontrano nelle piccole sale di controllo. Detta rappresentazione ci consente, essendo note le dimensioni l_x, l_y, l_z di una sala parallelepipeda, di trovare il numero dei modi naturali di vibrazione in essa eccitabili, inferiori ad un dato valore f_0. E vediamo come: il reticolo rappresentato in figura 7 si compone di cellule, ciascuna delle quali ha per volume il prodotto dei tre lati, ossia

$$\frac{c}{2\,l_x} \cdot \frac{c}{2\,l_y} \cdot \frac{c}{2\,l_z} = \frac{c^3}{8\,V}$$

dove V è il volume totale della sala ($l_x \,.\, l_y \,.\, l_z$).

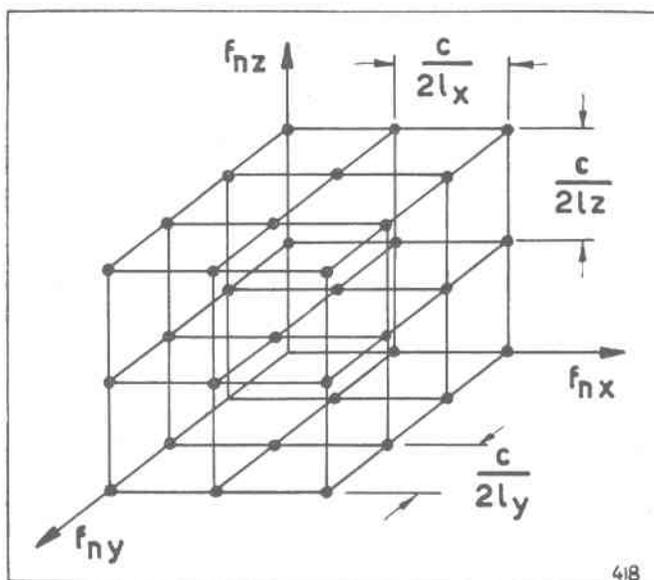



Fig. 7. — Diagramma spaziale dei vari modi naturali di vibrazione eccitabili in una sala parallelepipeda a pareti lisce. Ciascuno spigolo delle cellule elementari componenti il reticolo, rappresenta un modo naturale di vibrazione.

Ciò significa che in ogni unità del volume dello spazio di frequenza, ossia del reticolo, esiste un numero di cellule e quindi di modi di vibrazione eguale ad

$$\frac{1}{c^3 / 8V} = \frac{8V}{c^3}.$$

Se allora moltiplichiamo questo valore per 1/8 (dato che per la scelta degli assi fatta, dobbiamo considerare un solo ottante dello spazio interessante la propagazione) di una sfera avente per raggio la frequenza f_0 verremo a conoscere il numero N dei modi naturali di vibrazione eccitabili nella stanza, uguali o minori di f_0; sarà cioè:

$$N = \frac{4 \pi V f_0^3}{3 c^3}. \quad [19]$$

Variando f_0, il numero N non varia con continuità; dando infatti ad f_0 degli incrementi, può essere o no che la nuova superficie sferica di raggio $f_0 + d f_0$, venga a comprendere uno o più vertici in più, delle cellule del reticolo, ossia uno o più modi di vibrazione.

La [19] ci dà quindi anche la possibilità di trovare il numero di frequenze proprie comprese in un certo intervallo di frequenza; basta dare ad f_0 un incremento di $d f_0$ e ricavare il corrispondente $d N$, mediante differenziazione della [19], ossia

$$d N = \frac{4 \pi V f_0^2}{c^3} d f_0 . \quad [20]$$

Si vede quindi che, *in un determinato intervallo, il numero dei modi di vibrazione eccitati, aumenta con l'aumentare della frequenza e del volume della sala.*

Se la sala è piccola, alle basse frequenze l'intervallo fra due modi di vibrazione consecutivi è grande (dato che nella [20] sono piccoli V ed f_0). Può accadere che le loro note di combinazione siano tali da produrre effetti mascheranti e conferire un colore cupo al suono; è quel che avviene nelle piccole sale di regia e nei piccoli auditori a forma parallelepipeda nei quali la chiarezza e l'equilibrio dei suoni possono venire completamente alterati; e ciò anche se le pareti sono coperte di materiale assorbente poroso, perchè, ciò nonostante, esse possederanno sempre un certo grado di potere riflettente che determinerà il formarsi di onde stazionarie; con l'aggravante del fatto che il materiale poroso sacrificherà ancor più, come è noto, le alte frequenze; ed è per questo che la RAI, in base ad esperienze eseguite nei propri auditori in collaborazione con l'Istituto Galileo Ferraris di Torino, ha adottato largamente l'impiego delle pareti diffondenti (le quali rompendo i fronti d'onda fin dalle prime riflessioni, ostacolano il formarsi di onde stazionarie) e di tamburi e cilindri risonanti, i quali assorbono quei modi di vibrazione cui le caratteristiche della sala conferiscono eccessivo risalto.

In figura 8 è rappresentata una famiglia di curve che illustrano in maniera efficace il concetto che stiamo trattando. Tali curve forniscono, in funzione della frequenza espressa in ottave, e per determinati valori del volume della sala, l'intervallo medio tra due modi di vibrazione consecutivi espressi in Savart.

Ricordiamo che l'intervallo di un tono della scala temperata corrisponde a 50 Savart e che 5,6 Savart, corrispondenti al *comma*, rappresentano il minimo intervallo percepibile da orecchi molto esercitati.

Dalle curve si vede per esempio che mentre in una sala di 5000 m^3, a 64 Hz l'intervallo medio fra due modi naturali di vibrazione è di 1 Savart, in una sala di 100 m^3, alla stessa frequenza, detto intervallo è di 75 Savart. Dalle stesse curve si vede anche che per una stessa sala, più alta è la frequenza e più piccolo è detto intervallo; si vede cioè che per una data sala, i modi naturali di vibrazione eccitati dalle alte frequenze sono molto ravvicinati fra di loro, ossia sono molto numerosi; la sala risponde quindi, per tali frequenze in maniera uniforme. Cosa che non avviene per le basse frequenze.

Conclusione: nelle piccole sale il volume limitato cospira con le basse frequenze ad eccitare modi di vibrazione distanziati fra di loro, con conseguente formazione di note differenza e battimenti che conferiscono al suono un colore cupo predominante e favoreggiatore di mascheramenti; nelle grandi sale, i modi di vibrazione sono tutti pochissimo intervallati, anche sulle basse frequenze; dalla figura 8 si vede infatti che una nota di 32 periodi in una stanza di

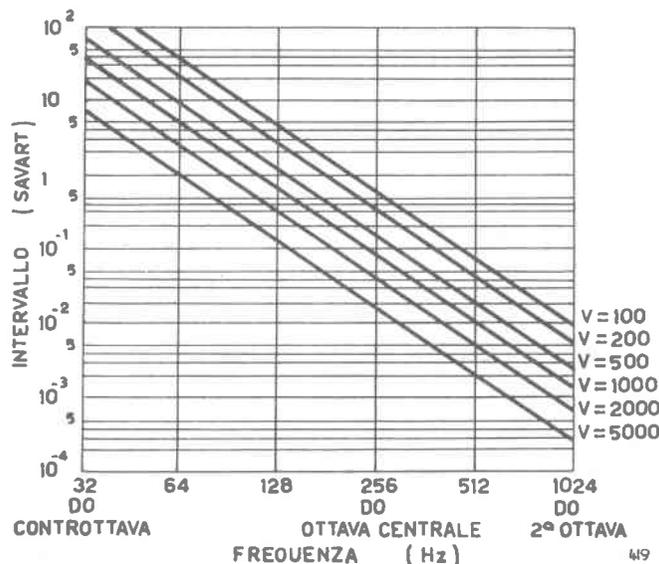



Fig. 8. — Curve esprimenti in funzione della frequenza (ascisse), per determinati valori del volume di una sala parallelepipeda, l'intervallo medio espresso in Savart (ordinate), fra due consecutivi modi naturali di vibrazione.

5000 m^3, eccita modi di vibrazione il cui intervallo minimo è di 8 Savart, ossia poco più dell'intervallo minimo percepibile; essa risponde quindi uniformemente a tutte le frequenze.

Che cosa se ne deduce? Che siccome le sale di controllo sono sempre piccole sale e quasi sempre di forma parallelepipeda, è molto difficile che non si riscontrino in esse i difetti su menzionati, a meno che le superficie non siano trattate con opportuni sistemi diffondenti e risonanti. E le conseguenze, nella ripresa, sono tali da suscitare critiche negli ascoltatori e sfiducia nei responsabili. Succede molto spesso, nelle riprese dai teatri, che si debba accettare, quale sala di dosaggio, qualche camerino di artista; questi sono sempre piccoli ed a pareti lisce e parallele; ne consegue che il tecnico del suono e l'assistente musicale, hanno spesso delle gravi delusioni allorchè ascoltano la registrazione della ripresa effettuata, quando l'ascolto viene eseguito in una comune sala dotata di una buona acustica; essi si accorgono che quell'equilibrio fra canto ed orchestra che con tanta cura avevano cercato di raggiungere, nella realtà è completamente alterato; il canto prevale, e talvolta in maniera proibitiva, sull'orchestra; ciò dipende dal fatto che durante la ripresa essi erano stati influenzati dalle caratteristiche della sala di regìa la quale, esaltando le note molto basse dell'orchestra, aveva prodotto mascheramento delle voci, la cui gamma verso le basse frequenze è molto meno estesa; ed istintivamente avevano cercato di ristabilire l'equilibrio alzando il livello del canto; ma si trattava di un giudizio fallace.

Altra deduzione cui si perviene dall'esame della figura 8, è che siccome le grandi sale rispondono uniformemente a tutte le frequenze (parliamo qui, per inciso, delle sale di ripresa e non delle sale di ascolto), esse sono sempre da preferirsi alle sale medie o piccole, ogniqualvolta si tratti di ripresa di complessi musicali; naturalmente, è sottinteso che esse non presentino particolari difetti, quali i fenomeni di eco, di risonanza dovuti a speciale conformazione architettonica od eccesso di riverberazione.

Per le sale di ripresa, oramai l'esperienza ha permesso di stabilire regole canoniche, espresse in curve che compaiono in tutti i libri di acustica architettonica, riguardanti i valori ottimi del volume dell'ambiente in funzione della densità energetica provocata dal complesso sonoro (e quindi in funzione del numero degli esecutori), e del tempo ottimo di riverberazione in funzione del volume.

Ma per le sale di controllo della ripresa, qual è il tempo di riverberazione ottimo?

Cominciamo col trattare il problema generale, che consiste nel trovare il valore del tempo di riverberazione equivalente T_e, risultante dal tempo di riverberazione T_r della sala di ripresa e dal tempo di riverberazione T'_r della sala di ascolto; T_e è in altre parole, il tempo di riverberazione che determina il rapporto acustico del suono ascoltato a mezzo di altoparlante.

Data l'influenza, da noi dimostrata, che tale rapporto esercita nella struttura generale del suono ascoltato, si intuisce quanta importanza si debba annettere alle caratteristiche della sala di ascolto, e come queste debbano, teoricamente, essere diverse a seconda che si tratti di riproduzione di prosa o di musica, ed a seconda che si tratti di esercitare un controllo sulla riproduzione, nel quale dei rapporti acustici, è soltanto quello della sala di ripresa che interessa conoscere, oppure che si tratti di conferire alla riproduzione quel senso di ambiente che tanta influenza esercita, come abbiamo visto, sul giudizio dell'ascoltatore; il primo caso si addice al controllo dei tecnici e degli assistenti artistici; il secondo si addice al controllo del Maestro che ha diretto l'orchestra.

Siano dunque, come s'è detto T_r il tempo di riverberazione della sala di ripresa e T'_r il tempo di riverberazione della sala di ascolto a mezzo di altoparlante, il quale costituisce la sorgente sonora, che chiamiamo secondaria. Dall'istante in cui cessa il suono della sorgente primaria nella sala di ripresa, l'altoparlante continuerà ad emettere un suono decrescente che è la riproduzione del suono riverberato di essa sala di ripresa. In questa, all'istante t, l'energia è espressa dalla notissima formula

$$[21] \qquad E = E_0 \, e^{-\frac{cA}{4V}t}$$

nella quale

E = densità energetica all'istante t;

E_0 = densità energetica all'istante t_0, ossia al cessare delle vibrazioni della sorgente primaria;

V = volume della sala di ripresa;

A = assorbimento totale in questa sala;

c = velocità del suono.

L'assorbimento totale A è, come è noto, eguale al prodotto $a \cdot S$, dove a è il coefficiente medio di assorbimento di tutto il materiale assorbente contenuto nella sala ed S la superficie totale di detto materiale.

Se la E_0 determina nell'altoparlante una potenza W_0 (potenza che dipende dalle caratteristiche dell'altoparlante stesso), la E espressa dalla [21] determinerà all'istante t, nell'altoparlante, una potenza

$$[22] \qquad W = W_0 \, e^{-\frac{cA}{4V}t}$$

dove A e V hanno gli stessi valori che nella [7]; e ciò, perchè fin qui parliamo di potenza emessa dall'altoparlante, senza tener conto delle caratteristiche della sala di ascolto; e tale potenza decade proporzionalmente al decadimento della E espressa [21].

L'energia dell'altoparlante determinerà nella sala di ascolto una densità energetica E' che risentirà dell'effetto delle caratteristiche acustiche della sala stessa e quindi del suo tempo di riverberazione T'_r. Sì che le variazioni di E' durante il decadimento del suono, determineranno un tempo di riverberazione che risentirà sia del tempo di riverberazione T_r della sala di ripresa, che del tempo di riverberazione T'_r della sala di ascolto.

Per calcolarlo si imposta una equazione differenziale che stabilisce l'eguaglianza fra le variazioni $\frac{dE'}{dt}$ della densità energetica della sala di ascolto, e la differenza fra l'energia emessa dall'altoparlante e quella assorbita dalla sala durante l'intervallo di tempo infinitesimo dt; si integra quindi questa equazione deducendo la costante di integrazione dal fatto che all'istante $t = 0$, l'energia E' è eguale al valore E'_0 corrispondente alla potenza W_0 che l'altoparlante

emette durante il periodo di regime. Considerando inoltre che, secondo la formula classica di Sabine

$$[23] \qquad T_r = \frac{0{,}161\ V}{A} \qquad e \qquad T'_r = \frac{0{,}161\ V'}{A'}$$

dove V e V' sono i volumi delle due sale e A ed A' i rispettivi assorbimenti totali si ricava la seguente formula che caratterizza il decadimento del suono:

$$[24] \qquad \frac{E'}{E'_0} = \frac{1}{1 - \frac{T_r}{T'_r}}\, e^{-\frac{cA}{4VT_r}t} + \left(1 - \frac{1}{1 - \frac{T'_r}{T_r}}\right) e^{-\frac{cA}{4VT'_r}t}$$

dove E' è la densità energetica nella sala di ascolto al tempo t ed E'_0 è quella al tempo $t = 0$.

Da tale formula si ricava il tempo di riverberazione standard equivalente T_e, tenendo conto che, per convenzione, T_e è il tempo di decadimento necessario a che sia $\frac{E'}{E'_0} = 10^{-6}$.

Dalla [24] si può riscontrare che, salvo casi limiti, la forma del decadimento del suono nella sala di ascolto non è esponenziale. Casi limiti sono quelli in cui T_r è molto maggiore di T'_r o viceversa; in questi casi la *riverberazione risultante segue, dei due, il tempo di riverberazione maggiore.* Ne consegue che se il tempo di riverberazione della sala di ripresa è molto maggiore di quello della sala di ascolto, tanto che questo si possa trascurare, l'ascoltatore avverte solo l'effetto dell'ambiente di trasmissione ed ha l'impressione di essere presente in detto ambiente.

Se viceversa il tempo di riverberazione della sala di trasmissione è molto minore di quello della sala di ascolto, si ha l'impressione che gli esecutori si producano nella stessa sala in cui si ascolta l'altoparlante. Se infine T_r e T'_r non hanno valori molto diversi, la riverberazione risultante risentirà, come s'è detto, delle caratteristiche di ambedue le sale, ed il decremento sarà espresso dalla [24].

Per dare una visione sintetica del comportamento del sistema delle due sale, rappresentiamo in figura 9, delle curve decrementali calcolate (esenti quindi da fluttuazioni), relative ad una sala di ascolto che presenta un tempo $T'_r = 0{,}4$ sec *costante*, mentre il T_r della sala di ripresa, varia da 0,3 a 1,5 secondi, secondo le curve sottili; le curve in grassetto T_e rappresentano le curve risultanti.

Tali curve sono riprodotte dal volume di Brüel *Sound insulation and room acoustics.*

Furrer, nelle sue ricerche sull'acustica degli studi per radiotrasmissione, considera lo studio e la sala di ascolto, quali due sale accoppiate; egli illustra il caso particolare di una sala di ascolto di 50 m³, caratterizzato da un $T'_r = 0{,}5$ sec e calcola in % l'aumento di riverberazione che il sistema delle due sale presenta rispetto al T_r dello studio; se ne deduce la seguente tabella:

piccolo studio:	$T_r = 0{,}5$ sec	$T_e = 0{,}61$	aum.	$= 22\%$
» »	» $= 0{,}6$ »	» $= 0{,}68$	»	$= 13\%$
medio »	» $= 1{,}0$ »	» $= 1{,}06$	»	$= 6\%$
grande »	» $= 1{,}5$ »	» $= 1{,}55$	»	$= 3\%$

Dalla quale tabella si vede che se T_r e T'_r hanno valori molto prossimi, l'effetto si riduce ad un forte

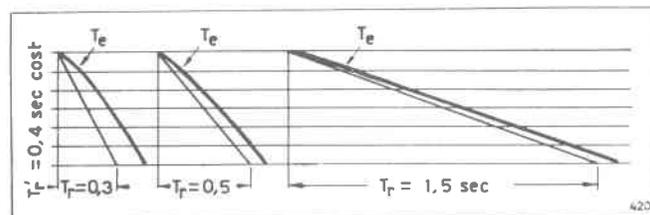



Fig. 9. — Tempi di riverberazione (curve in grassetto) risultanti dall'azione di un altoparlante, in una sala di ascolto il cui tempo di riverberazione costante è $Tr = 0{,}4$ sec, allorchè il tempo di riverberazione della sala di ripresa è $Tr = 0{,}3$ sec, $T'r = 0{,}5$ sec, $Tr = 1{,}5$ sec. Le curve sono calcolate, non misurate.

aumento della riverberazione risultante rispetto a T_r. Se invece T_r è molto maggiore di T'_r, l'aumento è minimo.

Crediamo con ciò di aver resa manifesta la *necessità* di eseguire il controllo delle riprese sonore a mezzo di altoparlante, in sale appositamente studiate e costruite.

Per il controllo da parte dei tecnici ed assistenti artistici, è preferibile, come si è detto, che la sala presenti una riverberazione limitata, di guisa che il rapporto acustico del suono emesso dall'altoparlante, sia determinato soltanto dal tempo di riverberazione della sala di ripresa; solo così si potrà evitare l'apporto della sala di ascolto, il quale potrebbe altrimenti modificare il giudizio sulla realtà della ripresa.

Sotto questo aspetto le piccole sale rispondono allo scopo, dato che in una normale sala, il tempo di riverberazione, a parità del potere assorbente del materiale in essa contenuto, è proporzionale al volume (vedi formule 23).

Ma, come abbiamo detto, le piccole sale sono, sotto questo aspetto, insidiose, perchè in esse si determinano facilmente risonanze sulle basse frequenze; donde la necessità degli accorgimenti costruttivi cui abbiamo accennato.

D'altra parte, una piccola sala presentante un piccolo tempo di riverberazione (ancorchè sia esente da difetti acustici), pur rivelando la realtà, diremo così, strutturale della emissione dell'altoparlante, conferisce all'ascolto una impressione spiacevole, perchè la percezione di un suono scheletrico e particolarmente direttivo, si allontana troppo dalla consuetudinaria sensazione dei suoni coadiuvati dalla risposta dell'ambiente. Difatti, se si ascolta una registrazione conosciuta, in una camera ad assorbimento *totale*, quali quelle che nei laboratori si impiegano per le misure sui suoni diretti, si resta addirittura sconcertati dalla estrema aridità del suono e dalla esaltazione degli inevitabili difetti insiti nell'altoparlante, dei quali abbiamo parlato in principio.

È bene quindi che il direttore d'orchestra od il regista, i quali debbono controllare la registrazione di una loro produzione, non eseguano l'ascolto in una sala di controllo tecnico, bensì in una sala che, pur lasciando inalterati l'equilibrio e la chiarezza dei suoni emessi dall'altoparlante, nonchè l'effetto dei vari piani sonori, dia all'ascoltatore l'impressione di un ambiente che secondi le varie sonorità con una risposta uniforme alle varie frequenze; il che comporta uniformità del potere assorbente del materiale contenuto nella sala ed assenza di modi naturali di vibrazione prevalenti. Come s'è detto, una forma non parallelepipeda di essa sala e l'impiego quasi esclusivo di materiali diffondenti e risonanti sulle pareti, permettono soluzioni soddisfacenti. (134)

IMPIANTO CONVERSIONE ENERGIA E RISERVA DEL PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

DOTT. ING. GIOVANNI TAJANA
del Tecnomasio Italiano Brown Boveri

1. Generalità e scopi dell'impianto.

I progressi tecnici compiuti nel campo della distribuzione dell'energia elettrica, i numerosi nuovi impianti realizzati con criteri razionali e protetti con dispositivi selettivi, hanno di molto diminuito le probabilità che una perturbazione sopravveniente in un punto della rete di distribuzione, metta fuori servizio una parte importante di essa, con la conseguenza di togliere l'alimentazione alle utenze allacciate.

Non si può tuttavia ancora affermare che le interruzioni di alimentazione siano scongiurate al punto da lasciare completamente sicuri quegli utenti che non ammettono interruzione alcuna nell'alimentazione dei loro impianti.

Esistono inoltre delle utenze che, per la delicatezza del servizio che devono svolgere e per le qualità degli apparati di cui sono composte, richiedono, oltre l'assoluta continuità, delle caratteristiche speciali di alimentazione che ancora la normale distribuzione non può dare.

Basta un semplice richiamo all'importanza sempre crescente che ha assunto ai nostri tempi il servizio di radiodiffusione ed all'indole delicata degli apparati in esso impiegati, per rendersi subito conto che una stazione radio deve essere classificata proprio tra quelle utenze cui non è permesso rimanere senza energia e per le quali sono inoltre richieste delle caratteristiche di alimentazione ben determinate.

Per essere completamente al sicuro da qualsiasi guasto sopravveniente in rete che potesse in alcun modo pregiudicare il funzionamento degli impianti del nuovo Palazzo di Milano e per avere quelle peculiari caratteristiche di alimentazione (costanza di tensione e di frequenza) che sono richieste per certe speciali apparecchiature di registrazione e riproduzione sonora, i tecnici della RAI hanno proposto al Tecnomasio Italiano Brown Boveri di realizzare un impianto che garantisse in modo assoluto e continuo l'energia alla parte «audio frequenza» della nuova Sede di Radio Milano e che desse inoltre, sempre in modo continuo, una quota di energia alternata e continua rispondente a determinati requisiti di tensione e di frequenza.

Dopo proficui scambi di idee con i tecnici della RAI, che hanno chiaramente illustrato le esigenze del loro servizio, il Tecnomasio ha studiato e realizzato un impianto di conversione e riserva che è stato installato nel Palazzo suddetto.

Per meglio comprendere il modo in cui l'impianto è stato progettato ed il suo principio di funzionamento, occorre tener presente che esso deve assicurare:

1) presenza permanente di 50 kVA a 220 V - 50 Hz sulle sbarre principali di distribuzione da cui sono derivate quelle utenze per le quali non è richiesta la costanza della tensione e della frequenza (filamenti degli amplificatori e luce di sicurezza);

2) fornitura continua di 12,5 kVA a 220 V - 50 Hz regolati in tensione e frequenza rispettivamente entro i limiti del $\pm$ 1 % e dello 0,5 % per qualsiasi variazione di carico, alle utenze che chiameremo «privilegiate» (macchine di registrazione e riproduzione);

3) erogazione continua di 7 kW sulle sbarre di distribuzione anodica a 350 V corrente continua (alimentazione anodi amplificatori). Le variazioni massime di questa tensione devono essere comprese fra il $\pm$ 4 % per variazioni di carico da 1 a 7 kW ed il valore massimo della componente alternata di detta tensione non deve essere superiore all'1,5 % della nominale;

4) prelievo continuo di 10 kW alla tensione costante di 60 V in corrente continua per i circuiti di segnalazione e di bassa frequenza (segnali e comandi).

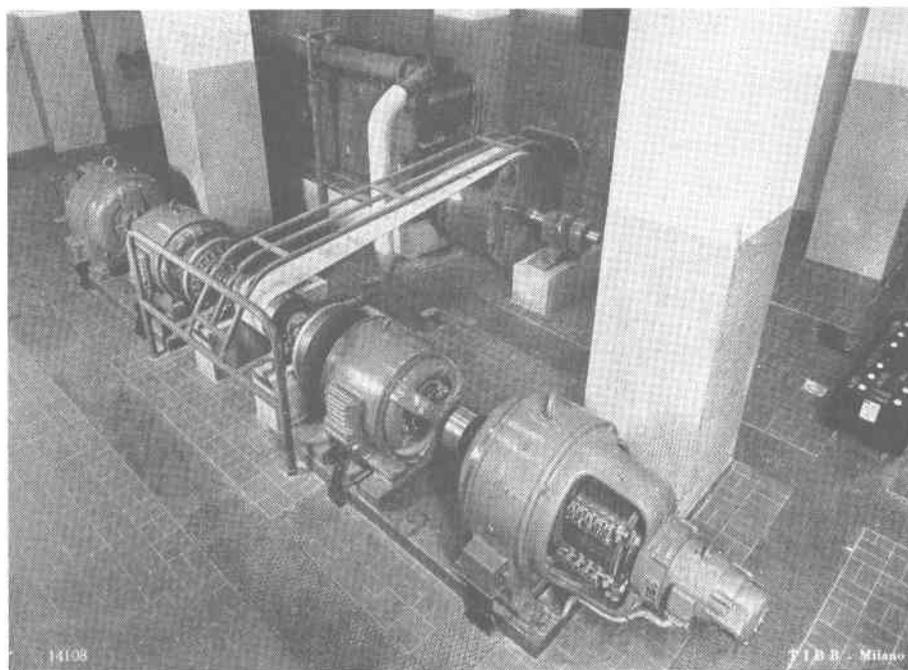
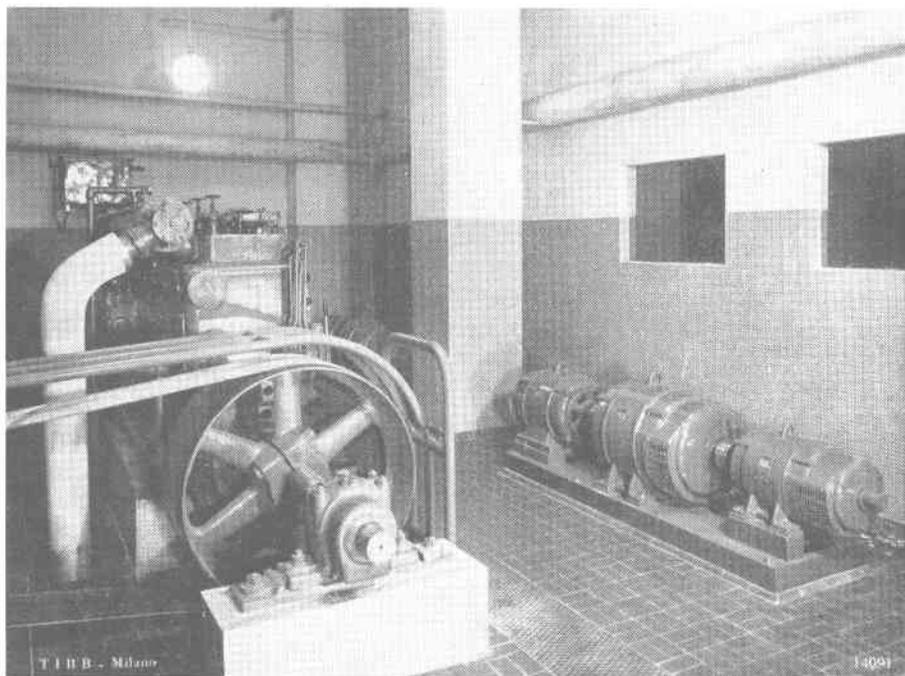
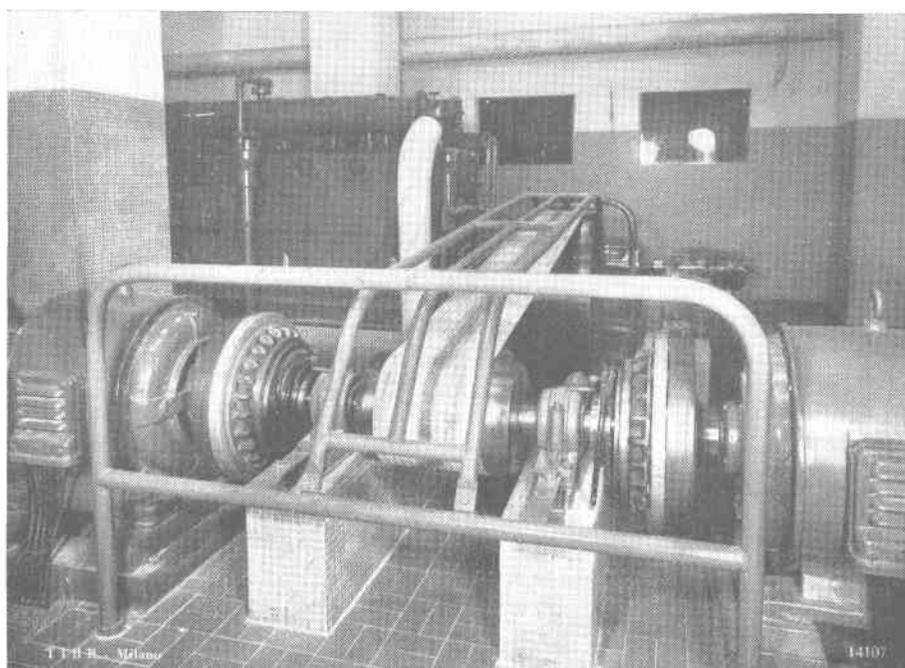



Fig. 1. — Gruppi sincrono-dinamo di conversione da corrente alternata in corrente continua. Sono chiaramente visibili il Diesel ed il complesso di trasmissione.

Queste condizioni devono essere soddisfatte e le caratteristiche sopra richieste garantite qualunque sia la tensione e la frequenza di rete, ed anche in caso di mancanza di essa.

Premesso quanto sopra, passiamo alla descrizione dell'impianto.

2. Descrizione del macchinario e del complesso di trasmissione.

L'impianto è composto di due gruppi (fig. 1) sincrono-dinamo, che per brevità chiameremo gruppi A, di conversione da corrente alternata a 220 V - 50 Hz in corrente continua a 60 V, e da due gruppi (fig. 2), gruppi B, di conversione da corrente continua a 60 V in alternata a 220 V - 50 Hz stabilizzati ed in continua a 350 V, aventi le caratteristiche di cui si è detto più sopra.

Si è dovuto ricorrere alla doppia conversione causa le sensibili variazioni di tensione e frequenza che si prevede possano verificarsi in rete, allo scopo di ottenere l'energia avente i requisiti che sono richiesti dalle utenze privilegiate.

Come sorgenti sussidiarie di energia, che intervengono nell'ordine, in mancanza della rete, sono previste due batterie (una di riserva) ed un motore Diesel con relativo complesso di trasmissione (puleggie, cinghia, giunti elettromagnetici) per comandare l'uno o l'altro dei gruppi A (fig. 3). Questi gruppi sono previsti per funzionamento reversibile.

Il sincrono del gruppo alternata-continua, quando l'impianto viene alimentato dalla rete, funziona infatti come motore con una potenza di 40 kW resi sull'asse a $\cos \varphi = 0{,}9$ in anticipo a 1500 giri per tensione e frequenza di alimentazione variabili rispettivamente da 200 a 220 V e da 46 a 50 Hz (*).

Esso può anche funzionare, come si vedrà in seguito, da generatore, erogando la potenza di 50 kVA a $\cos \varphi = 0{,}8$ e 220 V - 50 Hz.

La macchina a corrente continua ad esso accoppiata, che porta a sbalzo l'eccitatrice del sincrono, fornisce come generatore 36 kW a 60 V regolati, mentre è in grado di dare 46 kW sull'asse nel funzionamento come motore anche per tensione di 50 V.

Il gruppo A serve anche per la carica delle batterie; per effettuare la carica a fondo di queste, la macchina a corrente continua può dare la tensione di 85 V.

I gruppi B non sono previsti per funzionamento reversibile come i gruppi A. Ciascuno di essi ha, al centro, il motore a corrente continua che dà una potenza di 21,5 kW a 60 V e 1500 giri.

Questo motore è normalmente alimentato, attraverso le sbarre di servizio, dalla dinamo del gruppo A a tensione costante di 60 V; esso è però in grado di

Fig. 2. — Gruppi di conversione da corrente continua in corrente alternata stabilizzata ed in corrente continua a 350 V. È inoltre visibile la puleggia motrice calettata sull'asse del Diesel.

Fig. 3. — Motore Diesel e complesso di trasmissione (cinghia, puleggie, contralbero e giunti elettromagnetici).

(*) Ricordiamo che tutte le macchine elettriche sono state previste per dare le stesse prestazioni anche con alimentazione a 200-220 V, 38-42 Hz; poichè il cambio di frequenza è già avvenuto, ci limitiamo a riferire tutto a 50 Hz.

fornire la stessa potenza nel periodo di emergenza, durante il quale è alimentato dalla batteria, anche quando la tensione per la scarica di essa scende a 50 V.

Il motore comanda l'alternatore che alimenta le utenze privilegiate e la dinamo che fornisce l'energia per l'alimentazione anodica.

Le batterie (fig. 4) che sono state fornite dalla Edison di Melzo, sono del tipo JR 68 al piombo; ciascuna è composta da 31 elementi con una tensione di tampone di 60 V e sono entrambe previste per fornire tutta l'energia occorrente all'impianto per un tempo di 30 primi.

Il motore Diesel, fornito dalla Società Pignone, è del tipo V 200/A a sei cilindri a quattro tempi, previsto per una potenza continua di 150 CV alla velocità di 500 giri/min.

Il collegamento tra il Diesel ed i gruppi A è stato realizzato con una cinghia piana che, grazie alle doti eccezionali di resistenza, di elasticità e di leggerezza, ha permesso di ottenere una trasmissione sicura e tranquilla. Questa cinghia è stata fornita dalla Ditta Transmeccanica, rappresentante della Ditta Siegling di Hannover; essa è stata giuntata in opera mediante uno speciale mastice e dopo dodici ore di riposo è stata messa regolarmente in servizio.

La puleggia motrice, montata sull'albero del Diesel, ha un metro di diametro; la puleggia mossa, montata su un contralbero conassico con i gruppi A, comanda a mezzo di due giunti elettromagnetici i gruppi stessi (fig. 3). I giunti elettromagnetici, oltre ad avere semplificato il collegamento tra il motore Diesel e le macchine elettriche, grazie alla loro elasticità contribuiscono in maniera notevole al regolare funzionamento della trasmissione.

I giunti sono stati forniti dalla Ditta Tagliabue assieme a tutto il complesso di trasmissione; poichè i gruppi di conversione ed il contralbero sono stati montati su basamenti fissi, allo scopo di facilitare l'eventuale revisione all'interno dei giunti senza dover smontare il contralbero, la stessa Ditta Tagliabue ha studiato uno speciale sistema di messa in tensione della cinghia che è chiaramente visibile nella figura 5.

I gruppi di conversione, il Diesel, le batterie, i quadri di comando, regolazione e protezione, sono stati installati nei locali della nuova Sede di Radio Milano, dove l'impianto funziona con ottimi risultati.

3. Avviamento e funzionamento dell'impianto.

Per meglio comprendere il funzionamento dell'impianto, ci riferiamo allo schema di principio di figura 6 e distinguiamo:

1) il funzionamento normale, quando cioè l'energia necessaria viene totalmente fornita dalla rete;

2) il funzionamento di emergenza, quando per mancanza della rete l'energia viene fornita dalle fonti sussidiarie e cioè in un primo tempo dalla batteria in tampone e poi dal motore Diesel.

L'avviamento del gruppo A è attuato mediante autotrasformatore e reso automatico da relè; le

Fig. 4.
Sala batterie - 2 batterie da 31 elementi tipo JR/68/80 da 1506 Ah alla scarica di 2 ore.

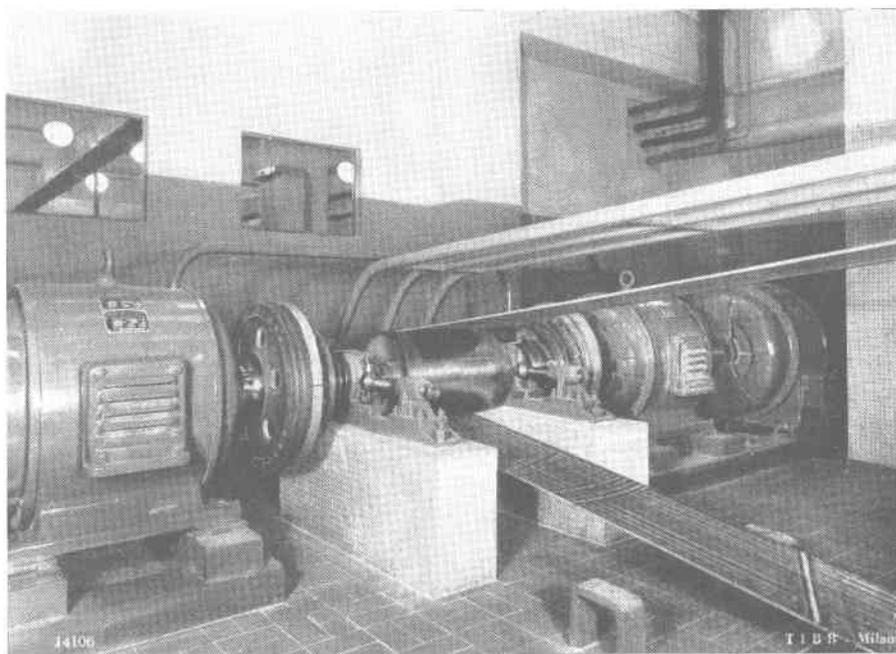



Fig. 5.
Contralbero coi giunti e particolare del dispositivo di messa in tensione della cinghia.

diverse fasi si succedono nel modo seguente: premendo il pulsante di avviamento si chiude il centro stella (22 *b*) attraverso un contatto ausiliario di assenso posto sul contattore di piena tensione (22 *a*), nonchè un contatto del relè a tempo MLT (23); il contattore del centro stella eccita attraverso un contatto ausiliario sul contattore (22 *d*) di eccitazione, il contattore (22 *c*) che chiude il campo del sincrono su una resistenza di avviamento (24) ed inoltre comanda la chiusura dell'interruttore di macchina (15) che si avvia quindi come asincrono a tensione ridotta.

L'interruttore di macchina a sua volta eccita il relè ritardato (23) che dopo 15 secondi chiude il contattore di campo (22 *d*); questo dà eccitazione al sincrono e nello stesso tempo esclude la resistenza di avviamento, facendo quindi aprire, con un piccolo ritardo, il contattore di centro stella e chiudere quello di piena tensione (22 *a*).

Il succedersi delle manovre nel giusto ordine è garantito da opportuni blocchi ed assensi attuati mediante contatti ausiliari posti sui vari teleruttori e sul relè a tempo, come è visibile dallo schema di principio.

La manovra di avviamento può essere interrotta in qualunque momento premendo l'apposito pulsante. Per accertarsi che l'autotrasformatore è effettivamente disinserito ad avviamento ultimato, onde evitare sovraccarichi per esso pericolosi, si è derivato il voltmetro di macchina a valle dell'autotrasformatore.

L'avviamento dei gruppi A deve essere fatto a vuoto; a tale scopo si è asservita la chiusura dell'interruttore (38) della dinamo a quella dell'interruttore del sincrono mediante un contatto ausiliario posto su quest'ultimo; l'interruttore (38) non può restare chiuso quando è aperto l'interruttore (15). Il sincrono è protetto mediante relè di massima corrente e mediante relè termici su tutte e tre le fasi, essendo la distribuzione a quattro fili. Sul montante del sincrono è derivata, mediante il trasformatore di tensione (31), l'alimentazione del regolatore di tensione (29) che entra in funzione solo quando la macchina funge da generatore. Durante il funzionamento normale, la regolazione automatica della tensione del sincrono è esclusa mediante un contattore (30) che cortocircuita le resistenze del regolatore all'atto della messa in moto del gruppo.

L'organo sensibile del regolatore è però sempre sotto tensione, per essere immediatamente pronto ad intervenire non appena il sincrono funziona da generatore.

Dato il peso preponderante che i regolatori di tensione hanno nel buon funzionamento dell'impianto, ci sembra logico a questo punto fare una descrizione di principio di questi apparecchi, anche per meglio comprendere quello che si dirà in seguito.

Un regolatore di tensione (fig. 7) è essenzialmente composto da un rotore in corto circuito (sistema indotto) costituito da un tamburo di alluminio immerso nel campo rotante creato da due avvolgimenti (sistema induttore) tra loro opportunamente sfasati mediante resistenze (insensibili quindi alle variazioni di frequenza) ed alimentati in parallelo dalla tensione di macchina.

La coppia creata da questi avvolgimenti è equilibrata da una molla antagonista e da un dispositivo di compensazione formato da una molla ausiliaria che ha lo scopo di correggere le variazioni di coppia

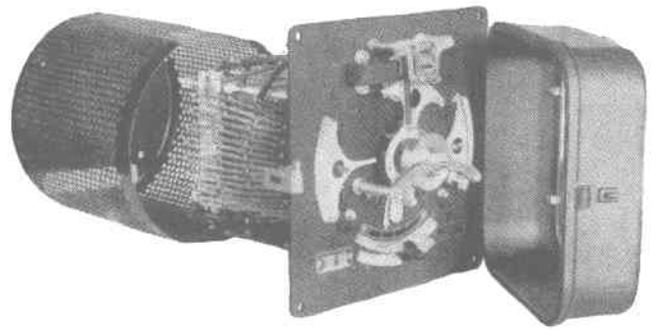



Fig. 7. — Regolatore automatico di tensione.

resistente, dovute alle diverse condizioni di tensione della molla principale al variare della posizione dell'indotto. La molla di compensazione permette di rendere costante la coppia antagonista per qualsiasi posizione dell'indotto (regolazione astatica), oppure di renderla decrescente con lo spostarsi dell'equipaggio mobile (regolazione statica). Per macchine singole come nel caso nostro, si impiega la regolazione astatica.

L'asse dell'indotto comanda dei settori che poggiano su collettori cui fanno capo elementi di resistenze inseriti nel circuito di eccitazione; al variare della tensione è rotto l'equilibrio tra la coppia dell'induttore e quella della molla antagonista ed i settori vengono spostati nel senso da ristabilire l'equilibrio, cioè di riportare la tensione al valore primitivo. L'apparecchio è completato con accorgimenti che lo rendono estremamente sensibile, stabile e molto rapido.

Questo tipo di regolatore, di costruzione originale della Brown Boveri & C.ie di Baden, ha avuto una larghissima applicazione ed ha sempre dato ottimi risultati in tutti gli impianti. Lo schema di figura 8 illustra il modo di inserzione del regolatore.

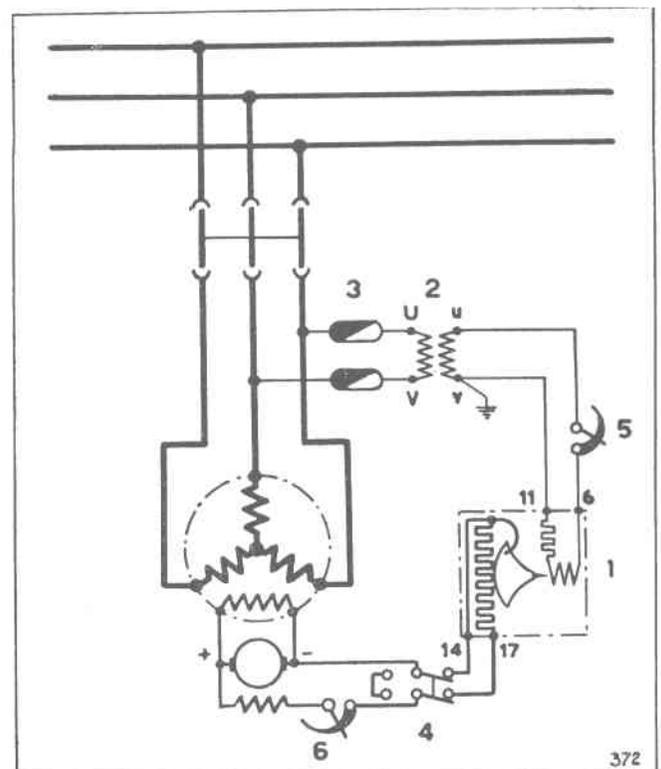



Fig. 8. — Schema di inserzione di un regolatore automatico. 1) Regolatore di tensione; 2) trasformatore di tensione; 3) valvole di protezione; 4) commutatore per regolazione: automatica-manuale; 5) reostato di messa a punto; 6) reostato di campo.

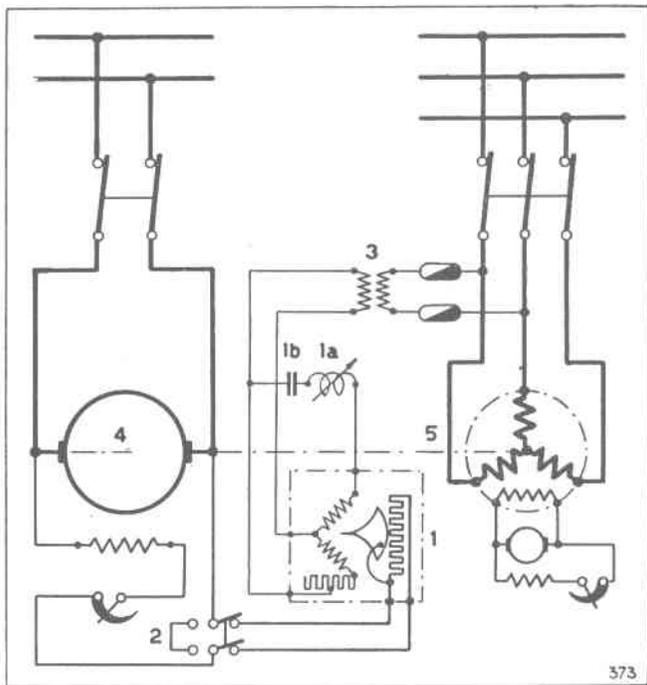



Fig. 9. — Schema di principio di un regolatore automatico di frequenza. 1) Regolatore di frequenza; 1 *a*) induttanza regolabile per la messa a punto della frequenza; 1 *b*) condensatore; 2) commutatore per regolazione: automatica-manuale; 3) trasformatore di tensione; 4) motore a corrente continua; 5) alternatore.

Il sincrono comanda la macchina a corrente continua la cui tensione è regolata dal regolatore (42); essa è protetta mediante interruttore automatico di massima e può erogare a mezzo del commutatore (55 *a*) sul sistema di sbarre di servizio o su quello di carica. Il commutatore (55 *a*) è elettricamente bloccato con quello della macchina a corrente continua del gruppo A di riserva, sì che quando uno dà sulle sbarre di servizio, l'altro deve essere sulle sbarre di carica.

Sulle sbarre di servizio è inserita in tampone una delle due batterie, che a loro volta possono essere smistate mediante i commutatori (55 *a*), tra loro elettricamente bloccati, su l'uno o l'altro dei sistemi di sbarre.

Le batterie sono inoltre protette dall'interruttore (54) automatico di massima e che porta un relè a ritorno di corrente, di cui parleremo in seguito.

Dalle sbarre di servizio è derivato, a mezzo dell'interruttore (114) automatico di massima, un sistema di sbarre da cui si dipartono venti linee che alimentano i comandi ed i segnali; ciascuna linea è protetta mediante fusibile ed esse possono inoltre essere direttamente alimentate dalle batterie attraverso un collegamento di sicurezza, come si vede dallo schema.

Le sbarre di servizio alimentano, a mezzo di un interruttore automatico di massima, il motore a corrente continua del gruppo B. L'avviamento di esso è fatto a tensione ridotta mediante resistenze (67 *b*) che vengono cortocircuitate automaticamente da teleruttori comandati da relè a tempo man mano che la velocità del motore aumenta fino ad arrivare alla nominale.

Il motore a corrente continua comanda il generatore a tensione e frequenza stabilizzata e la dinamo anodica. L'alternatore, protetto mediante l'interruttore (83) automatico per sovracorrenti ed elettricamente bloccato con l'interruttore del generatore di riserva, alimenta un sistema di sbarre da cui si distaccano venti linee a tensione e frequenza stabilizzate per l'alimentazione delle macchine di registrazione e riproduzione.

La regolazione della tensione è fatta mediante un regolatore uguale a quello descritto precedentemente: osserveremo qui che, data la piccola potenza del generatore, non è stato necessario prevedere una eccitatrice; l'eccitazione è stata derivata dalle sbarre a corrente continua e quindi la regolazione della tensione viene fatta agendo direttamente sul campo del generatore.

La regolazione della frequenza si ottiene agendo sul campo del motore a corrente continua. L'alimentazione del regolatore di frequenza è presa attraverso il trasformatore di tensione (77) dalle sbarre del sincrono ed i settori rotanti agiscono invece sulla eccitazione del motore a corrente continua. Lo schema di figura 8 illustra chiaramente il principio di funzionamento del regolatore di frequenza, costruttivamente analogo ai regolatori di tensione.

L'organo sensibile è sottoposto a due coppie antagoniste, create da due avvolgimenti alimentati in parallelo dalla tensione di macchina.

I due avvolgimenti sono tra loro sfasati mediante condensatore ed uno di essi ha in serie una induttanza variabile che serve per la messa a punto del valore della frequenza.

È facile rendersi conto che una variazione di frequenza produce effetti contrari nei due rami in parallelo e più precisamente: per un aumento di frequenza avremo una diminuzione della corrente e quindi della

Fig. 10. — Quadro di comando, regolazione e protezione, visto di fronte nel suo complesso.

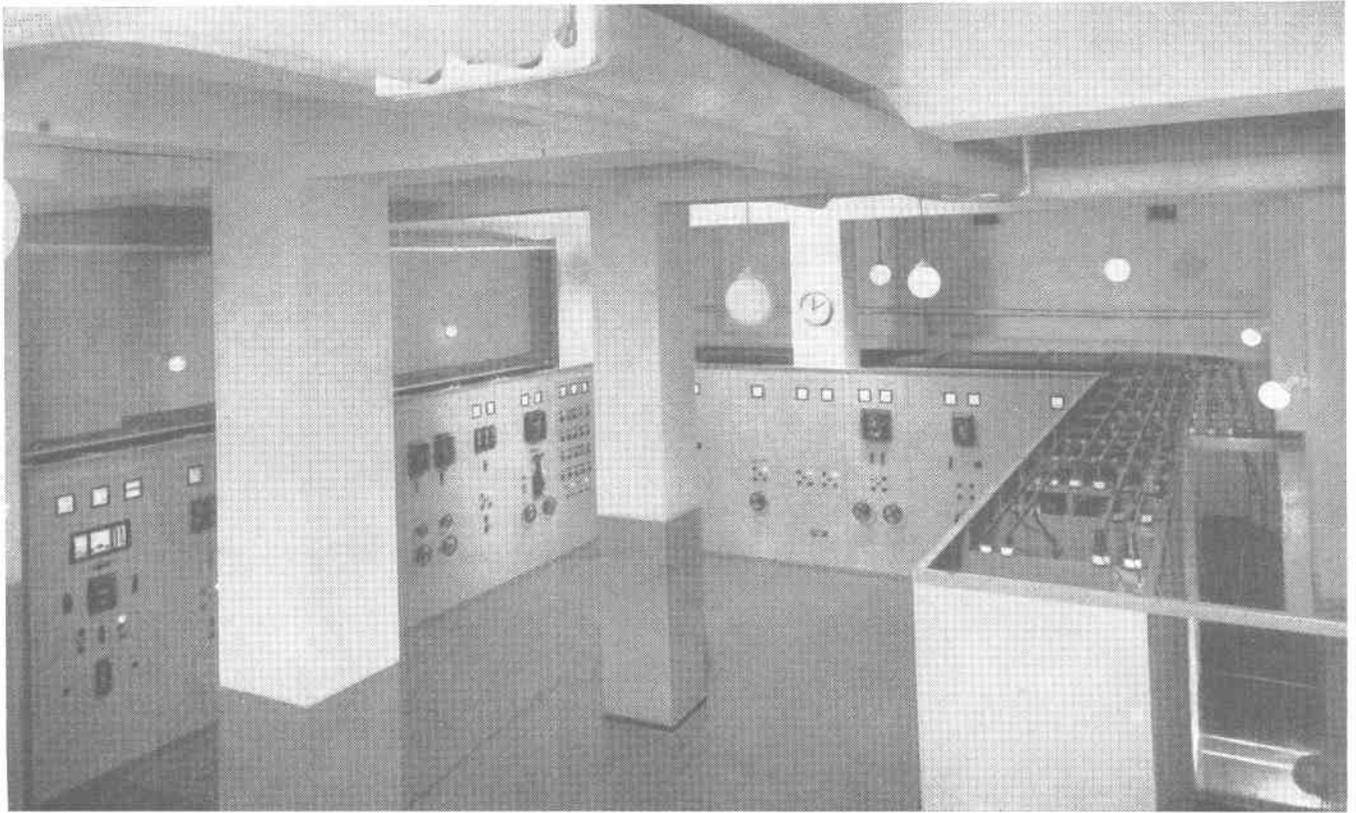



Fig. 11. — Vista generale del quadro dall'alto.

coppia del ramo induttivo ed un aumento di corrente e quindi della coppia del ramo capacitivo; l'organo sensibile, muovendosi sotto l'azione della coppia risultante, aumenta l'eccitazione del motore sì da riportarlo alla velocità normale. Una diminuzione di frequenza produce effetti rispettivamente contrari nei due rami e di conseguenza causa una diminuzione dell'eccitazione portando di nuovo la macchina alla velocità normale. In sede di esercizio si è visto che le variazioni di frequenza per stacco brusco di carico, sono comprese fra il $\pm$ 0,5 %.

La dinamo anodica eroga, attraverso l'interruttore (88) automatico di massima ed elettricamente bloccato con il corrispondente della dinamo di riserva, su un sistema di sbarre da cui si dipartono venti linee per l'alimentazione degli anodi degli amplificatori.

In sede di prova e di esercizio si è riscontrato che le variazioni di tensione della dinamo per carichi da 1 a 7 kW si sono mantenute entro il $\pm$ 2 % ed il valore massimo della componente alternata è di circa l'1 % del valore della tensione nominale.

4. Funzionamento di emergenza.

Quando manca la rete, mentre il gruppo B continua il suo servizio, alimentato prima dalla batteria in tampone e poi ancora dalla dinamo del gruppo A una volta intervenuto il Diesel, il gruppo A inverte il suo funzionamento. Alla mancanza della tensione di rete, quest'ultimo infatti rallenta, il regolatore di tensione della dinamo pur portandosi in fine corsa (massima eccitazione) non riesce, per la diminuzione di velocità, a tenere la tensione di 60 V; a questo punto la batteria in tampone eroga corrente sia sul motore del gruppo B, sia sulla macchina a corrente continua del gruppo A, che inverte il suo funzionamento diventando motore.

Il relè a ritorno di corrente posto sul montante della batteria in servizio, scatta e fa aprire l'interruttore generale (2) staccando tutto l'impianto dalla rete. L'impulso di corrente all'elettromagnete di sgancio viene tolto dopo cinque secondi dal relè ritardato (131). Ciò è necessario, come si vedrà più avanti, per poter comandare la richiusura dell'interruttore (2) quando, tornata la tensione in rete, occorre fare il parallelo.

Aprendosi l'interruttore (2) a mezzo di un contatto ausiliario, eccita il contattore (49) che cortocircuita le resistenze del regolatore di tensione della macchina a corrente continua, ed inoltre, togliendo tensione al contattore (49 *a*) inserisce nel campo di essa una resistenza (48) sì da tenere il più possibile costante la velocità del gruppo.

Ci si rende conto di ciò se si pensa che la chiusura del contattore (49), escludendo la resistenza del regolatore, dà la massima eccitazione al motore che tenderebbe quindi a diminuire di giri; l'inclusione della resistenza (48) opportunamente calcolata, ristabilisce l'eccitazione e quindi la velocità, una regolazione più fine della quale, in dipendenza del carico del sincrono, può essere anche fatta a mano, agendo sul reostato (50).

Il sincrono, trascinato dal motore a corrente continua, inverte il suo funzionamento e da generatore eroga sul sistema di sbarre a 220 V. La tensione viene regolata dal regolatore (29), il cui organo motore è già in tensione e le cui resistenze vengono automaticamente inserite nel campo dell'eccitatrice per l'apertura del contattore (30) comandata dall'interruttore generale.

Può darsi ancora che al momento della mancanza di tensione in rete, il gruppo A di riserva sia in funzione per la carica di una batteria; per non pregiudicare il funzionamento dell'impianto, poichè le batterie ed il Diesel sono dimensionati per la sola alimentazione delle utenze, questo gruppo è messo fuori

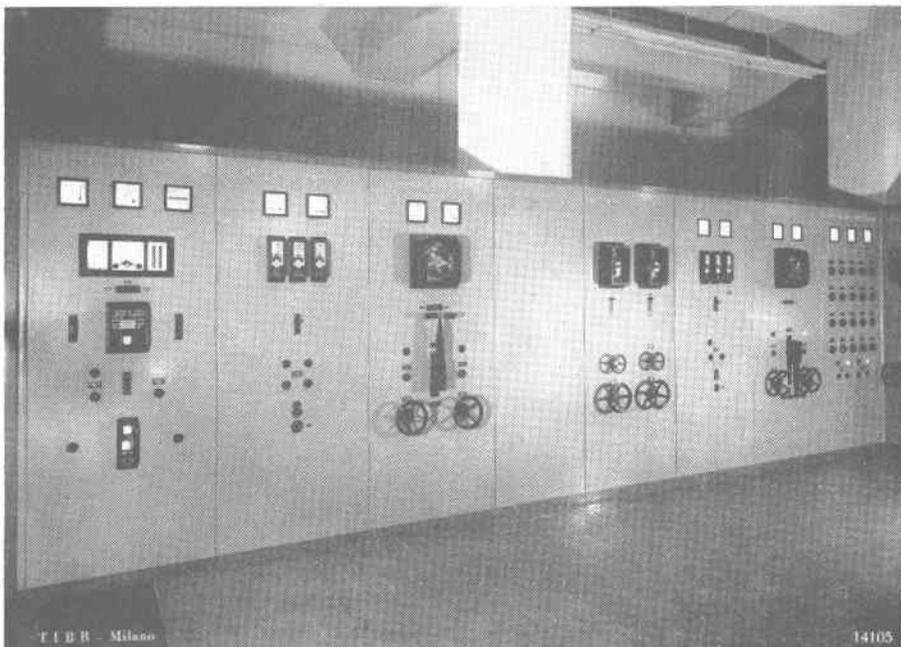



Fig. 12. — Parte del quadro per l'arrivo rete e comando, regolazione e protezione dei gruppi alternata-continua.

servizio dall'interruttore generale (2) che comanda l'apertura dell'interruttore (15) del sincrono attraverso un contatto ausiliario del commutatore (55 *a*). L'apertura dell'interruttore del sincrono porta all'immediato sgancio dell'interruttore della dinamo da esso comandata. All'atto della mancanza di tensione in rete, si dovrà avviare il Diesel e tacitare la sirena (11) commutandola su un altro circuito; essa, come si vede dallo schema, essendo di nuovo alimentata al ritorno della rete dal relè di minima tensione, darà ancora l'avviso al personale.

Quando il Diesel è alla velocità normale, si sposta l'interruttore a pacco corrispondente al gruppo in servizio dalla posizione di riposo nella posizione 1; il giunto elettromagnetico relativo viene eccitato ed il Diesel prende carico; nel contempo l'interruttore a pacco chiude il contattore (49*a*) cortocircuitando la resistenza (48) che era stata inserita all'atto della mancanza di tensione in rete e fa aprire il contattore (49) inserendo sul circuito di eccitazione le resistenze del regolatore (42) che riprende a regolare la tensione della macchina a corrente continua, che ritorna a funzionare come dinamo.

Spostando l'interruttore sulla posizione 2, viene eccitato, attraverso un contatto ausiliario sul commutatore (55), l'elettromagnete di sgancio dell'interruttore (54) che quindi stacca la batteria in scarica, evitando così sovraccarichi al Diesel.

Al ritorno della tensione, che è segnalato dalla sirena, sarà fatto il parallelo con la rete, chiudendo l'interruttore generale (2) che provoca l'esclusione del regolatore automatico (29) del sincrono perchè questo ritorna al suo normale funzionamento come motore.

Prima di staccare il Diesel, a mezzo dell'interruttore a pacco (19 *a*) che viene portato nella posizione di riposo, il personale dovrà curarsi di mettere sulle sbarre di servizio la batteria carica, per essere sicuri in caso di nuova interruzione della rete.

I gruppi convertitori, il Diesel ed il complesso di trasmissione, sono installati in un'unica sala, a fianco della quale sono il quadro di comando, regolazione e protezione. Il quadro in parola è costruito in modo da permettere una facile revisione e manutenzione con la massima comodità e senza alcun pericolo per l'operatore.

La figura 10 dà una visione di assieme del quadro che è composto di 22 pannelli, ogni pannello porta indicazioni e diciture che facilitano molto il comando dei gruppi ed evitano ogni falsa manovra. La figura 12 dà un'idea chiara dei pannelli dell'arrivo della rete e di quelli di comando, regolazione e protezione dei gruppi A. La figura 13 mostra i pannelli corrispondenti ai gruppi B ed il pannello comandi e segnalazioni; a proposito di ciò diremo che i comandi e segnali dei gruppi sono completamente distinti, ed essi sono derivati a mezzo di due interruttori automatici di massima dalle sbarre a 60 V, come si vede sullo schema di principio di figura 6.

Ogni circuito di comando e segnalazione è inoltre protetto da una valvola; ciò facilita in modo notevole la revisione e permette, in caso di guasto a qualche circuito ausiliario, una rapida selezione di esso.

L'impianto, come si è detto più sopra, è già in servizio con soddisfazione della RAI; ringraziamo le Ditte, nominate nel corso della descrizione, che hanno fornito alcune parti dell'impianto e che hanno con noi collaborato alla realizzazione di esso. (129)

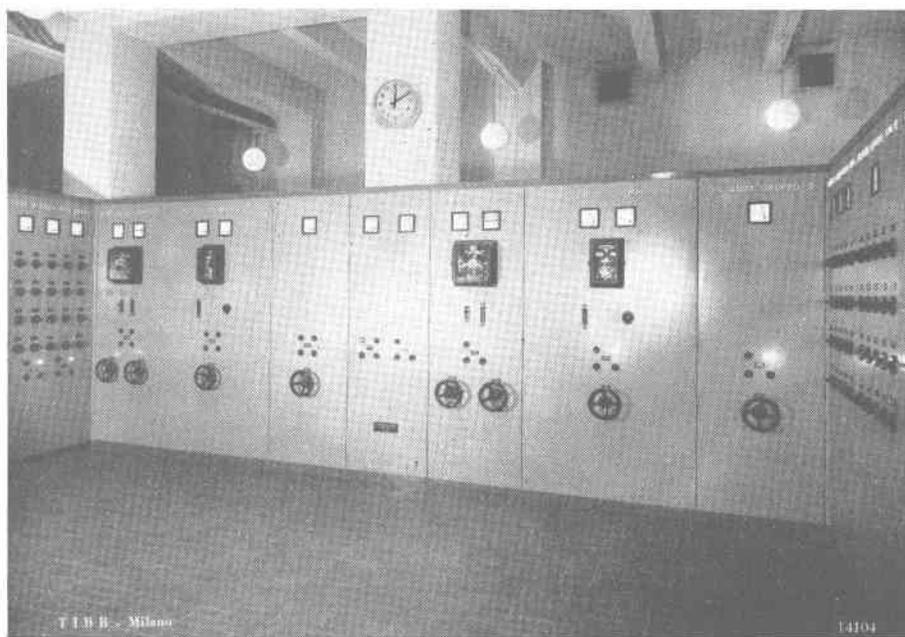



Fig. 13. — Parte del quadro per i gruppi di conversione continua-alternata e pannello comandi e segnali.

L'IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO D'ARIA DEL PALAZZO DELLA RADIO DI MILANO

PROF. ING. GINO PAROLINI
dell'Università di Roma

1. Premessa.

Il palazzo della sede di Milano della RAI comprende, oltre ad ambienti destinati ad uffici, per i quali l'ottenimento di adatte condizioni interne è problema ormai di soluzione abbastanza comune, gruppi di locali in cui le esigenze di ventilazione e termoigrometriche dipendono oltrechè dal benessere delle persone che li occupano, dal funzionamento di tutto il complesso di apparecchiature occorrenti per l'esercizio di una moderna stazione trasmittente per radio e televisione. Non ci sembra opportuno illustrare in questa Sede tutti gli aspetti del lavoro che ha condotto alla progettazione e realizzazione dell'opera, anche perchè per molti si sono seguiti metodi la cui conoscenza è largamente diffusa. Si ritiene invece che possa interessare la illustrazione di quei particolari criteri di impostazione e di quegli accorgimenti di realizzazione, che rappresentano un contributo originale alla soluzione di problemi correnti o che risolvono in modo nuovo problemi specifici degli ambienti per radiodiffusione.

Lo stesso studio di progetto dell'impianto presenta indubbiamente degli aspetti originali conseguenti principalmente dalle particolari funzioni che l'edificio è destinato ad assolvere, e dal fatto che non esistendo una esperienza sufficientemente estesa in merito, perchè se ne potessero trarre elementi abbastanza certi, se non per la soluzione almeno per l'impostazione del problema, si è dovuto fare ricorso quasi esclusivamente a dati ricavati durante l'esercizio degli impianti delle altre sedi della RAI.

2. Criteri di impostazione e regolazione automatica.

Tra tali aspetti uno dei più importanti per le conseguenze che ne derivano riguarda la ipotesi del regime che di consueto si accetta alla base di tutte le calcolazioni per lo studio degli impianti termici, per quanto riguarda le varie grandezze che hanno influenza sul mantenimento di adatte condizioni termoigrometriche nell'interno degli ambienti.

Tale ipotesi viene anche utilizzata per la determinazione delle massime prestazioni richieste agli impianti, il cui adeguamento alle reali esigenze continuamente variabili è realizzato con adatti sistemi di regolazione automatica.

Per quanto riguarda il mantenimento a regime della temperatura dell'aria il calcolo viene effettuato secondo i noti procedimenti, tenendo conto:

a) delle quantità di calore che vengono trasmesse tra l'ambiente e l'esterno;

b) delle quantità di calore occorrenti per variare nel senso desiderato la temperatura dell'aria di rinnovo immessa dall'esterno;

c) delle quantità di calore sviluppate nell'interno degli ambienti in conseguenza della presenza di persone, sorgenti di luce artificiale, apparecchiature, ecc.

Per l'umidità relativa invece:

d) del calore occorrente per l'acqua da fare evaporare in inverno (o della potenza frigorifera necessaria per il vapore d'acqua da condensare in estate) allo scopo di adeguare le condizioni igrometriche esterne dell'aria di rinnovo rispetto a quelle desiderate nell'interno dell'ambiente;

e) in tale conto occorre tenere presenti le quantità di vapore che si sviluppano nell'interno dei locali in conseguenza della presenza di persone o di altre sorgenti di umidità.

Le quantità di calore di cui alle lettere *a*) *b*) *d*) essendo legate alle condizioni esterne che variano continuamente, ma con lentezza, durante i periodi dell'anno e le ore del giorno e della notte richiedono un sistema di regolazione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria inviata negli ambienti che adegui le sottrazioni o cessioni di calore nella centrale di condizionamento *rispetto alle esigenze derivanti dalle condizioni di temperatura ed umidità relativa esterne.*

Da tale punto di vista nulla rende diverso l'impianto in oggetto da quelli studiati per i comuni tipi di edifici.

Le quantità di calore di cui alle lettere *c*) ed *e*) dipendono invece dalla particolare destinazione dell'edificio.

Nella gran parte dei casi esse sono costituite principalmente dal calore e dal vapore d'acqua emessi dalle persone presenti.

Dalla loro entità e particolarmente dalla rapidità con cui variano nel tempo dipende la scelta e la possibile efficienza di un sistema di regolazione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria da immettere *in relazione agli effetti prodotti da cause poste nell'interno degli ambienti.*

Si è già avuto occasione di discutere le difficoltà che conseguono dal fatto che non è possibile valutare in sede di progetto gli effetti prodotti sullo stato termoigrometrico interno prescelto particolarmente dalle oscillazioni delle grandezze *c*) ed *e*).

Ciò è dovuto in parte ai ritardi con cui la regolazione automatica centralizzata «risponde» alle «richieste» dei corpi sensibili posti in sala, ritardi che dipendono principalmente dalla inerzia termica delle apparecchiature in centrale, delle condotte e delle masse murarie delle pareti delimitanti l'ambiente. Ma dipende anche dalla impossibilità di controllare direttamente con gli impianti di condizionamento una delle grandezze che pure hanno effetto notevolissimo sul benessere delle persone: la quantità di calore

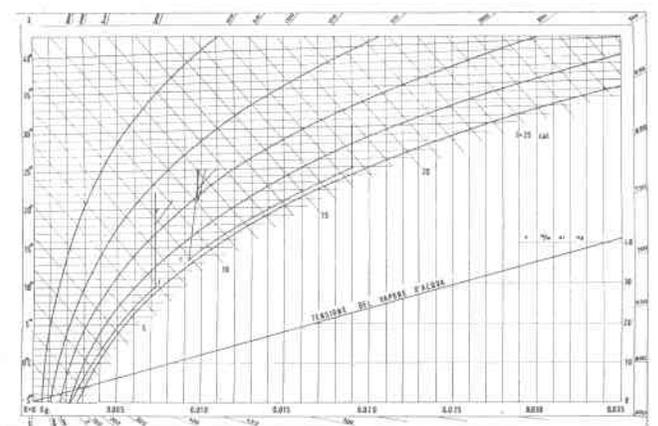
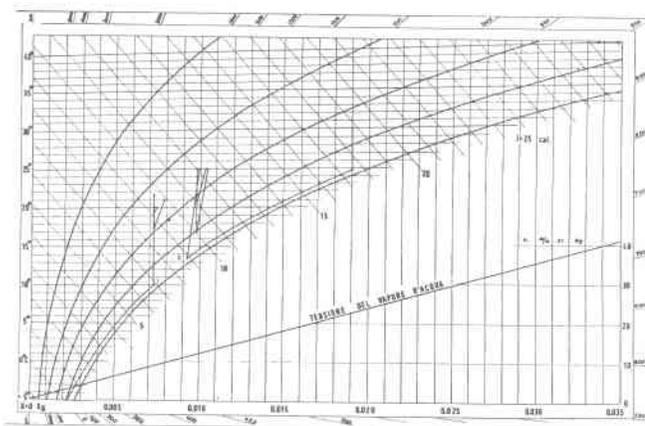
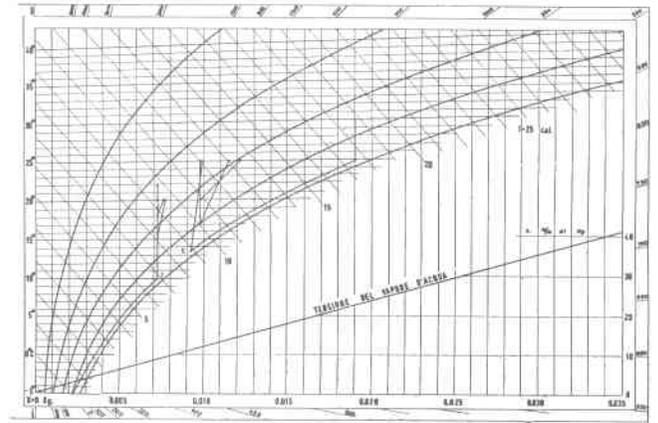
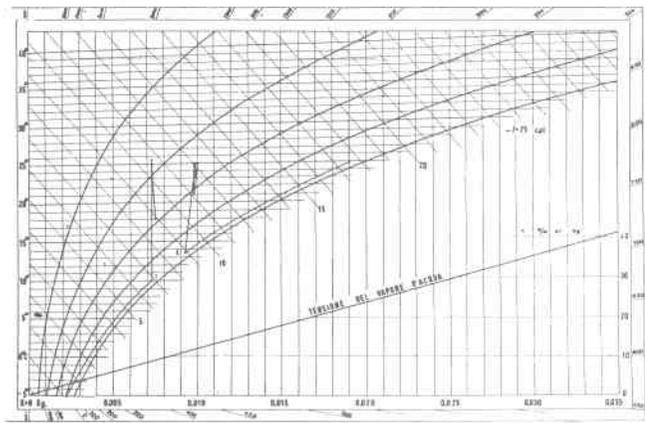
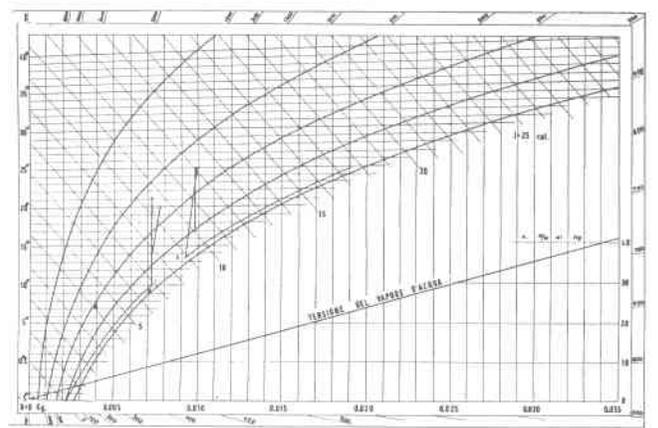
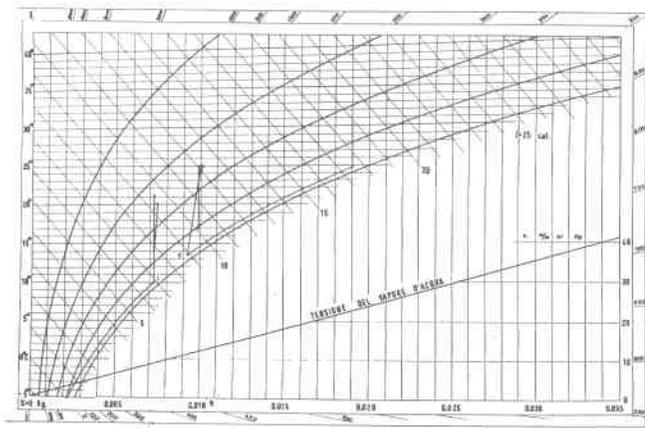



Fig. 2. — Diagrammi psicrometrici dei circuiti 2, 3, 4, 5, 6, 7.

scambiata dall'organismo con l'ambiente per irraggiamento, le cui variazioni, inoltre, non sempre avvengono in sincronismo con quelle delle altre quantità citate.

Ancora più complesso diviene poi il problema nel caso di impianti che debbono servire più ambienti in cui i periodi variabili delle grandezze da cui dipendono i valori della temperatura ed umidità relativa nell'interno dei vari locali abbiano andamento diverso in funzione del tempo.

Le cause di indeterminazione sopraccennate aumentano e rendono difficilmente prevedibile se convenga ancora adottare sistemi di condizionamento completamente centralizzati o non convenga invece decentrare in tutto o in parte il trattamento dell'aria.

Nel caso della impostazione del progetto per la sede di Milano della RAI occorreva inoltre tenere conto che negli ambienti destinati a trasmissioni radiofoniche e in ispecie in quelli da adibirsi anche a trasmissioni televisive le quantità di calore di cui alla lettera *c*) potevano raggiungere valori elevatissimi, tanto da rendere in confronto trascurabili tutte le altre in certi periodi. Esse potevano anche variare bruscamente fino ad annullarsi, in ciascuno di parecchi auditori indipendentemente dagli altri.

Infatti più che il calore emesso dalle persone, ha in tal caso importanza quello dovuto al funzionamento delle apparecchiature (amplificatori, registratori a nastro, ecc.) e della illuminazione (in ispecie per le riprese di televisione che richiedono una illuminazione artificiale violenta della « scena »).

Si poteva quindi pensare che nella impossibilità di adeguare rapidamente le condizioni dell'aria introdotta in modo da compensare con sufficiente rapidità le oscillazioni delle quantità di calore emesse nell'ambiente stesso, convenisse lasciare ad un qualche « trattamento locale » da effettuarsi in ogni auditorio il compito di bilanciare tali oscillazioni, riservando invece al condizionamento centralizzato la mansione di provvedere al necessario ricambio di aria esterna opportunamente filtrata e deumidificata, in modo da assicurare negli ambienti le desiderate condizioni di purezza dell'aria e di umidità relativa.

Ciò avrebbe permesso di ridurre al minimo la sezione delle canalizzazioni occorrenti, non essendo più necessario fare ricircolare gran parte dell'aria estratta per provvedere alla regolazione della temperatura, e riducendosi quindi la portata occorrente a quella riguardante il solo ricambio.

Nasceva però una difficoltà insormontabile in molti ambienti, derivante dalle apparecchiature che la tecnica pone oggi a disposizione anche per il solo trattamento termico locale dell'aria.

Infatti i mobili condizionatori del tipo corrente a convezione forzata, prodotta a mezzo di ventilatore, ed anche quelli ad iniezione, producono un « livello » di rumore che non è assolutamente compatibile con l'alto livello qualitativo raggiunto dalla RAI per le proprie trasmissioni, in ispecie per quelle musicali.

Ai rumori veri e propri prodotti dai condizionatori si sarebbero poi aggiunti, malgrado tutti gli accorgimenti adottabili, quelli trasmessi da una rigida rete di tubazioni percorse da un fluido incompressibile (l'acqua fredda o calda di alimentazione dei condizionatori) che avrebbe attraversato verticalmente ed orizzontalmente tutto il complesso degli auditori e i relativi isolamenti acustici.

In conseguenza delle difficoltà sopracitate si è cercato di impostare e risolvere il problema con una soluzione di compromesso, che, pur accettando una certa indeterminazione nei risultati, fosse suscettibile di produrre per la temperatura e soprattutto per l'umidità relativa nell'interno dei vari ambienti delle oscillazioni tali che non fossero praticamente percettibili dall'organismo umano.

Non si è pertanto progettato l'impianto per valori ottimi o critici della temperatura e della umidità relativa interna, tanto più che tali valori nè hanno un significato assoluto (in quanto anche nelle cosiddette carte del benessere non è possibile tenere conto di tutti gli elementi che possono avere influenza per la scelta dei valori ottimi delle due grandezze) nè è possibile, anche nei comuni impianti, mantenerle realmente « a regime » malgrado complessi sistemi di regolazione automatica. Si sono quindi ammessi dei valori limiti entro i quali le due grandezze potessero oscillare purchè non ne risultassero conseguenze dannose al benessere delle persone.

In base a considerazioni già svolte in altra sede tali limiti sono stati prescelti del 10% dell'umidità relativa intorno al 50% medio in estate e in inverno e di 1° per la temperatura (intorno a 20° in inverno ed a 7° al disotto della temperatura massima dell'aria esterna in estate).

Le oscillazioni ammesse per l'umidità relativa hanno permesso di eliminare completamente la regolazione automatica per tale grandezza.

Infatti nel caso in oggetto l'unica causa interna atta a determinare oscillazioni del valore dell'umidità relativa è l'evaporazione prodotta dall'organismo umano che consiste a 20° C in circa 35 gr/h ed a 25° C in 55 gr/h.

Introducendo dell'aria con umidità specifica di 6,5 gr/Kg in inverno e di 8,9 gr/Kg in estate (che corrispondono alle umidità relative del 45% rispettivamente a 20° e 25°) ogni Kg di aria è in grado di assorbire rispettivamente 1,2 gr e 2 gr di vapore d'acqua passando rispettivamente (alle temperature di 20° e 25°) alla umidità relativa del 55%.

Introducendo dunque per ogni persona circa 30 m^3/h di aria opportunamente trattata in modo che la sua umidità specifica sia quella atta a determinare, alla temperatura degli ambienti, una umidità relativa del 45% si ha la certezza che nell'ambiente stesso, qualunque oscillazione subisca il numero delle persone presenti la umidità relativa oscilli tra valori compresi tra 45 e 55% senza mai superare tali limiti.

È stato così possibile centralizzare completamente il trattamento dell'aria per quanto riguarda l'umidità relativa eliminando per questa grandezza ogni regolazione automatica per quel che si riferisce alle cause poste nell'interno degli ambienti.

Se si ripete un procedimento analogo per la temperatura, considerando i vari fattori che incidono sulla grandezza per farle assumere i valori estremi a regime, si constata come in genere le oscillazioni conseguenti superano di molto i limiti di indeterminazione accettabili.

Nel caso particolare la entità delle variazioni per taluni ambienti in conseguenza delle considerevoli intermittenti erogazioni di calore risultava notevolissima e con ritmo diverso nei vari ambienti.

Si è allora cercato di raggruppare tutti quei locali per i quali si poteva presumere, sia che l'entità delle variazioni non fosse notevole, sia che avvenisse in

sincronismo, in modo da verificare se esistesse la possibilità di procedere ad una regolazione comune centralizzata della temperatura almeno suddividendo l'impianto in alcuni circuiti separati, ognuno dei quali comprendesse tutti gli ambienti per i quali fosse verificata la proprietà sopracitata.

La tabella allegata (Tab. I) dà un'idea delle calcolazioni effettuate; nel grafico schematico sono invece riportati i vari raggruppamenti derivanti dalle precedenti considerazioni (fig. 1).

Si è così suddiviso l'impianto in sette circuiti principali aventi tutti una parte dei trattamenti in comune da effettuarsi in una centralina unica per quanto si riferisce alle esigenze di ventilazione e di deumidificazione estiva o di umidificazione invernale.

Tale pretrattamento comune permette di ottenere in estate e di inverno aria nelle condizioni indicate nei vari diagrammi psicrometrici (fig. 2).

In tali stati l'umidità specifica dell'aria è già quella atta a determinare alla temperatura da realizzarsi negli ambienti l'umidità relativa del 45%; la presenza o meno delle persone può poi fare oscillare tale valore dal 55% al 45%.

Dagli stati E e I, prima della introduzione, l'aria esterna è miscelata con una certa quantità di aria ricircolata e quindi introdotta in una delle sette centraline, di post-trattamento che hanno, come già accennato, la funzione di «zonizzare» i trattamenti, per quanto riguarda la sola regolazione della temperatura.

La portata ricircolata è stata stabilita in modo che la miscela introdotta (con una differenza massima di temperatura rispetto quella desiderata nell'ambiente di 8° in estate) sia in grado di compensare le quantità massime di calore che vi si possono sviluppare, principalmente in conseguenza del funzionamento delle varie apparecchiature. (Si noti la notevolissima portata dell'aria ricircolata per le esigenze termiche delle sale televisione A e B in cui si presumeva potessero essere erogati o no a causa della accensione dei proiettori di scena circa 60 e 30 kW rispettivamente).

Una soluzione diversa dal consueto è stata adottata per tutti i condizionatori, che, allo scopo di economizzare spazio, sono attraversati verticalmente dall'aria da trattare. In essi è previsto anche un sistema di filtri a base di fibre di vetro.

Per il post-trattamento estivo dell'aria si è scelto il sistema della miscela, sia per omogeneizzare il funzionamento estivo con quello invernale (e nell'impianto i due trattamenti possono occorrere simultaneamente in due centraline diverse in quanto anche in inverno le fortissime erogazioni di calore in taluni ambienti possono richiedere il funzionamento estivo) sia perchè permette una maggiore semplicità e soprattutto una maggiore efficienza del sistema di regolazione automatica.

Infatti, secondo lo schema indicato tale sistema si limita all'azione, comandata da un termostato sul ritorno di ogni circuito, di due serrande motorizzate che comandano l'afflusso dell'aria attraverso l'indicato by-pass del post-trattamento.

Con il sistema del by-pass si sono ridotte al minimo le cause di «inerzia termica» che avrebbero diminuito di molto l'efficacia della regolazione automatica, qualora questa fosse stata effettuata sul fluido di alimentazione della batteria di post-trattamento; e avrebbero in certi casi peggiorato l'efficienza dell'impianto quando a causa del ritardo la «risposta» (consistente nelle necessarie modifiche dello stato dell'aria introdotta per compensare le erogazioni in più o in meno avvenute negli ambienti) fosse addirittura arrivata quando la «richiesta» aveva ormai cambiato senso. (Durante le scene della televisione i proiettori vengono accesi e spenti in relazione al susseguirsi delle varie fasi del programma o delle prove).

Quindi in sostanza, come risulta dall'allegato schema (fig. 3) la regolazione automatica di tutto l'impianto si risolve:

a) *rispetto all'esterno* con un termostato T_4-T_5 che mantiene fisse, malgrado le variazioni di temperatura esterna, le condizioni degli stati E e I dopo il pretrattamento. Data la lentezza con cui variano le condizioni esterne, l'azione del termostato si esercita a mezzo di valvole modulanti sui fluidi caldi e freddi che percorrono le batterie.

Nel condizionamento estivo per le variazioni stagionali e diurne nella temperatura interna e quindi dell'umidità relativa in relazione a quelli della temperatura esterna il termostato T_2 è asservito ad un termostato esterno T_1 e mantiene rispetto questo una differenza prestabilita di temperatura. Ciò consente di mantenere nell'interno degli ambienti una temperatura inferiore a quella esterna secondo la legge prestabilita;

b) *rispetto all'interno* nel condizionamento invernale con un termostato T_3 per ogni circuito che regola l'apertura della coppia di serrande motorizzate sul post-trattamento e sul relativo by-pass.

La regolazione automatica realizzata secondo i criteri soprariportati ha soddisfatto le particolari esigenze dell'impianto.

Il grafico (fig. 4) che risulta dalla registrazione di un termometro installato per controllare l'andamento

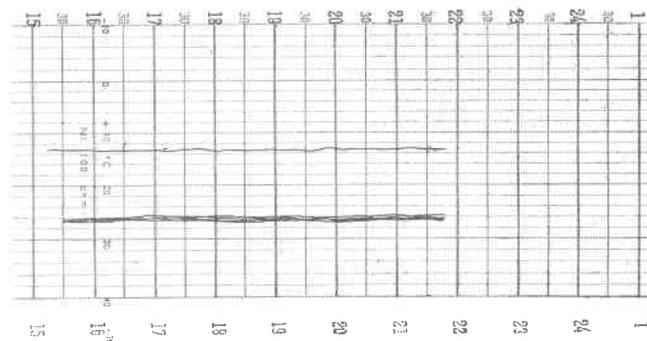



Fig. 4. — Grafico dell'andamento delle temperature estive.

delle temperature nei vari ambienti serviti dai sette circuiti mostra come gli scarti si siano realmente mantenuti entro i limiti previsti in progetto.

Una soluzione diversa è stata invece adottata per il condizionamento dei complessi RST costituiti da gruppi di tre ambienti ciascuno (fig. 5).

Ogni complesso è costituito da un piccolo locale adibito a studio e due adiacenti, isolati da quello centrale ma con larga finestra di ispezione, di cui uno destinato alle apparecchiature di controllo ed ai tecnici ed uno alla registrazione.

Mentre nei due ambienti laterali è tollerabile un certo rumore di fondo quello centrale deve avere le caratteristiche di tutti gli ambienti destinati a trasmissione. D'altro lato nei due ambienti laterali si

TABELLA II

Dati riassuntivi dei calcoli termici per gli ambienti degli RST.

N.		UNITÀ	AMBIENTI			
			R		S	T
	CONDIZIONAMENTO ESTIVO					
1.	Calore emesso dalle persone presenti	cal/h	(2 persone	120	60	120
2.	Potenza elettrica trasformata in calore	cal/h		1 720	430	2 580
3.	Calore trasmesso attraverso le pareti	cal/h		50	50	50
4.	Quantità totale di calore da asportare	cal/h		1 890	540	2 750
5.	Vapore d'acqua emesso dalle persone	gr/h		140	70	140
6.	Portata d'aria di rinnovo	mc/h		100	150	100
7.	Temperatura esterna aria di rinnovo	C°		30	30	30
8.	Umidità relativa esterna aria di rinnovo	%		70	70	70
9.	Punto di rugiada aria di rinnovo	C°		13	13	13
10.	Cal/h da sottrarre all'aria esterna	cal/h		1 200	1 800	1 200
11.	Temperatura ingresso aria rinnovo negli ambienti	C°		16	16	16
12.	Temperatura nell'interno degli ambienti	C°		25	25	25
13.	Frig/h prodotte negli ambienti	fr/h		270	410	270
14.	Umidità relativa nell'interno degli ambienti	%		45 ÷ 55	45 ÷ 55	45 ÷ 55
15.	Cal/h che restano da asportare	cal/h		1 620	—	2 480
16.	Quantità d'acqua refrigerata a 5° occorrente	lt/h	$\Delta t = 5°$	240	360	240
17.	Temperatura acqua di pozzo	C°		15	—	15
18.	Temperatura ingresso aria ricircolo	C°		19	—	19
19.	Quantità aria ricircolo	mc/h		900	—	1 380
20.	Quantità di acqua di pozzo a 15°	lt/h	$\Delta T_L = 3°$	540	—	820
21.	Sezione condotte aria di rinnovo	mq	V = 2m/sec.	0 015	0 020	0 015
22.	Sezione bocchette mandata rinnovo	mq	V = 2m/sec.	0 015	0 020	0 015
23.	Sezione bocchette estrazione aria rinnovo	mq	V = 1m/sec.	0 03	0 04	0 03
24.	Bocchette aspirazione aria ricircolo	mq	V = 1m/sec.	0 25	—	0 35
25.	Bocchette mandata aria ricircolo	mq	V = 2m/sec.	0 12	—	0 17
26.	Prevalenza ventilatore ricircolo	—		—	—	—
	CONDIZIONAMENTO INVERNALE					
1.	Temperatura introduzione aria rinnovo	C°		21	21	21
2.	Temperatura ambiente	C°		18	18	18
3.	Umidità relativa aria esterna	%		70	70	70
4.	Grammi di vapore emessi persone	gr/h		80	40	80
5.	Calore occorrente per riscaldamento e umidificazione	cal/h		~ 1 000	~ 1 500	1 000
6.	Umidità relativa interna	%		55 ÷ 60	55 ÷ 60	55 ÷ 60

possono avere forti erogazioni di calore dovute al funzionamento delle apparecchiature, nè è possibile provvedere a sottrarlo con aria proveniente da un impianto centralizzato perchè in conseguenza del piccolo volume degli ambienti le notevolissime portate necessarie (circa 30 ricambi orari) arrecherebbero fastidio agli occupanti (Tab. II).

Si è così previsto un impianto centralizzato per la ventilazione e la deumidificazione necessaria in tutti i locali e per l'ottenimento di adatte condizioni di temperatura nei soli auditori centrali.

Nelle coppie di ambienti laterali si sono installati due condizionatori locali che hanno la funzione di compensare le immissioni di calore delle apparecchiature.

Non appena queste entrano in funzione e la temperatura tende a salire, un termostato avvia i ventilatori dei condizionatori e mantiene costante la temperatura nell'ambiente.

Particolare cura si è posta nella progettazione e nella esecuzione dei condizionatori locali perchè risultassero quanto più possibile silenziosi.

3. La distribuzione dell'aria negli ambienti.

L'esperienza acquisita in altri impianti della RAI ha indicato come uno dei problemi di meno semplice soluzione, atto a frustrare la cura posta nella progettazione e realizzazione delle altre parti dell'impianto se non risolto in modo soddisfacente, sia quello della distribuzione dell'aria negli ambienti, in ispecie per quelli in cui le forti erogazioni di calore richiedano l'introduzione di grandi portate a temperatura più bassa di quella ambiente.

Le deboli forze in gioco derivanti dalla velocità e dalla temperatura delle particelle costituenti le vene fluide, il moto turbolento dopo le bocche di introduzione rendono impossibile uno studio analitico sufficientemente rigoroso perchè si possano prevedere dei risultati abbastanza attendibili.

Occorre fare ricorso alla esperienza pratica acquisita in casi analoghi e cercare di ricorrere a soluzioni che lascino un largo margine di adattamento « a posteriori » per avere la possibilità di ovviare agli inconvenienti che abbiano a verificarsi.

Tenuto conto che la zona occupata dalle persone è quella bassa, sino a due metri dal pavimento, si è utilizzato il volume superiore per « miscelare » l'aria introdotta con quella ambiente in modo da diminuirne per quanto possibile la differenza di temperatura, prima che giunga nella zona occupata.

Si è quindi adottato per tutte le stagioni il sistema di introduzione dall'alto e di estrazione dal basso.

Mentre le condotte sono state progettate con velocità anche di 10 m/sec, si è previsto negli auditori una specie di anello di calma in cui, prima dell'introduzione, l'aria trasforma gran parte della sua energia cinetica in energia di pressione. Nell'anello di calma si sono praticate tante bocche munite di serranda per la regolazione della portata, ognuna delle quali immette in una piccola camera in cui è installata una o al massimo due bocchette di mandata (fig. 6).

Le bocchette sono munite di alette verticali e orizzontali orientabili che permettono di indirizzare il getto entro un angolo solido piuttosto vasto.

La stessa sezione rettangolare delle bocchette è stata scelta con un rapporto notevole tra larghezza ed altezza (circa 10 : 1) in modo da aumentare l'effetto di iniezione e quindi la miscela con l'aria ambiente.

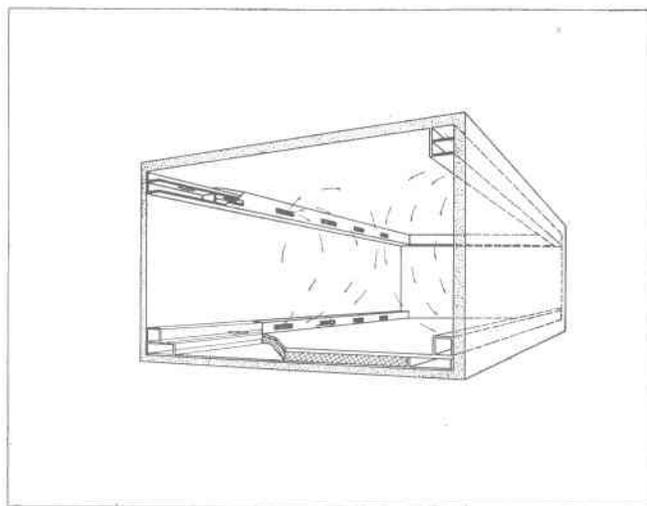



Fig. 6. — Schema indicativo dei canali di mandata e di ripresa in un ambiente.

Sempre allo stesso scopo, quando occorrevano bocchette di altezza maggiore, si è preferito suddividerle in due bocchette orizzontali di metà altezza, poste ad una certa distanza una dall'altra.

Quando l'aria è introdotta a temperatura più bassa di quella ambiente la massima differenza in meno è di 8°.

La velocità alle bocche di introduzione è stata studiata in modo che i getti non incontrino ostacoli (le pareti opposte o altri getti provenienti da queste o da bocchette laterali) prima che la velocità media lungo l'asse del getto non si sia ridotta a 10 ÷ 20 cm/sec. Ciò per evitare che « cadute » di aria fredda, non ancora sufficientemente miscelata con quella ambiente, producano correnti fastidiose.

Negli ambienti di minore importanza e aventi altezza modesta nei quali il volume al disopra della zona occupata dalle persone non si riteneva sufficiente per assicurare una buona miscela dell'aria introdotta si sono impiegati gli anemostati a parete o a soffitto.

4. La centrale termofrigorifera.

La potenza termica e la potenza frigorifera ricavate dai calcoli risultano dalla allegata tabella III.

Una economia notevole per le spese di esercizio si è potuta ottenere utilizzando acqua di pozzo per il trattamento dell'aria esterna secondo quanto indicato dall'allegato schema generale dell'impianto (fig. 7).

In estate l'aria esce dalla batteria a pioggia installata nella centralina comune a circa 19° C, 95% in inverno a 10° C, 95%.

Come risulta dai diagrammi entalpici si ottiene così nelle condizioni esterne più gravose una economia di ~100 000 fr/h in estate, e di ~200 000 cal/h, in inverno.

Inoltre si sottraggono in tal modo le batterie di trattamento principale, che sono costruite con tubi alettati percorsi da acqua calda in inverno e da acqua refrigerata in estate, dalle oscillazioni di carico dovute al variare delle condizioni esterne.

L'acqua calda in inverno è prodotta in una centrale termica costituita da caldaie per complessive 1 350 000 cal/h che alimenta anche un impianto a pannelli radianti installato nel corpo dell'edificio adibito ad uffici.

La centrale frigorifera per il funzionamento estivo ha una potenza di 160 000 fr/h con due compressori.

Come fluido refrigerante si è impiegata l'ammoniaca; si è però posta particolare cura perchè l'esercizio della macchina risultasse quanto più sicuro possibile.

A tale scopo tutte le apparecchiature in cui circola ammoniaca sono installate in un unico locale chiuso con porte stagne a tenuta di gas.

Il locale è ventilato indipendentemente e sulla estrazione dell'aria è installato un dispositivo a pioggia d'acqua che entra in azione automaticamente quando un corpo sensibile posto in centrale segnala la presenza di fughe di vapore.

Fig. 9. — La centrale termica. In primo piano a destra i controcorrenti dell'impianto a pannelli radianti.

Oltre poi ai prescritti dispositivi di sicurezza per il funzionamento della macchina (pressostati, idrostati, circuito di sicurezza che impedisce l'avviamento della macchina se tutte le manovre occorrenti non siano state previamente effettuate) sono state installate valvole speciali sulla mandata e sulla aspirazione dei compressori. Tali valvole funzionano in caso di rottura meccanica delle parti mobili della macchina e la sezionano in tre parti stagne: compressori, condensatori, ed evaporatori. L'ammoniaca contenuta nei condensatori e negli evaporatori non può quindi fuoruscire attraverso eventuali falle che si verificassero nei compressori in conseguenza di gravi avarie meccaniche.

Dalla centrale frigorifera partono le tubazioni di acqua refrigerata per la alimentazione della batteria deumidificante posta nella centralina di pretrattamento comune e di acqua temperata ottenuta con una miscela di acqua refrigerata e di ricircolo dalle batterie che alimenta le batterie di post-trattamento

TABELLA III

Dati sul calcolo delle potenze delle centrali termica e frigorifera.

		ARIA TRATTATA		INVERNO						ESTATE					
				da		a				da		a			
		mc/h	Kg/h	T	φ	T	φ	Δ J	Q cal/h	T	φ	T	φ	Δ J	Q cal/h
Pretrat. aria esterna	Ugelli	13 900	16 400	— 5	80	10 –	95	6,8	111 500	30 –	70	19 –	95	6 –	98 000
	Batteria	13 900	16 400	—	—	—	—	—	—	19 –	95	13,5	95	3,8	62 400
1° Circuito	Ugelli	11 770	13 900	— 5	80	10 –	95	6,8	94 500	—	—	—	—	—	—
	Batteria	11 770	13 900	10 –	95	25 –	35	3,5	50 000	—	—	—	—	—	—
2° Circuito		30 000	35 500	19,4	52	21 –	47	0,4	14 000	24 –	53	17 –	82	1,85	64 000
3° Circuito		17 000	20 000	19,4	52	20,4	48	0,4	8 000	24 –	52	17 –	80	1,95	38 000
4° Circuito		16 300	19 400	18,5	75	25,5	36	1,7	33 000	23 –	55	21 –	59	0,4	9 700
5° Circuito		10 700	12 600	15,2	68	21,8	46	1,7	21 500	20 –	63	17 –	80	0,7	9 000
6° Circuito		4 150	4 900	17,6	60	21,6	46	1,1	5 400	22 –	48	17 –	80	1,3	6 400
7° Circuito		13 525	16 000	18,2	76	21,8	45	1,0	16 000	22,7	57	21 –	61	0,4	6 500

Erogazioni massime centrale termofrigorifera cal/h 147 900 fr/h 196 000

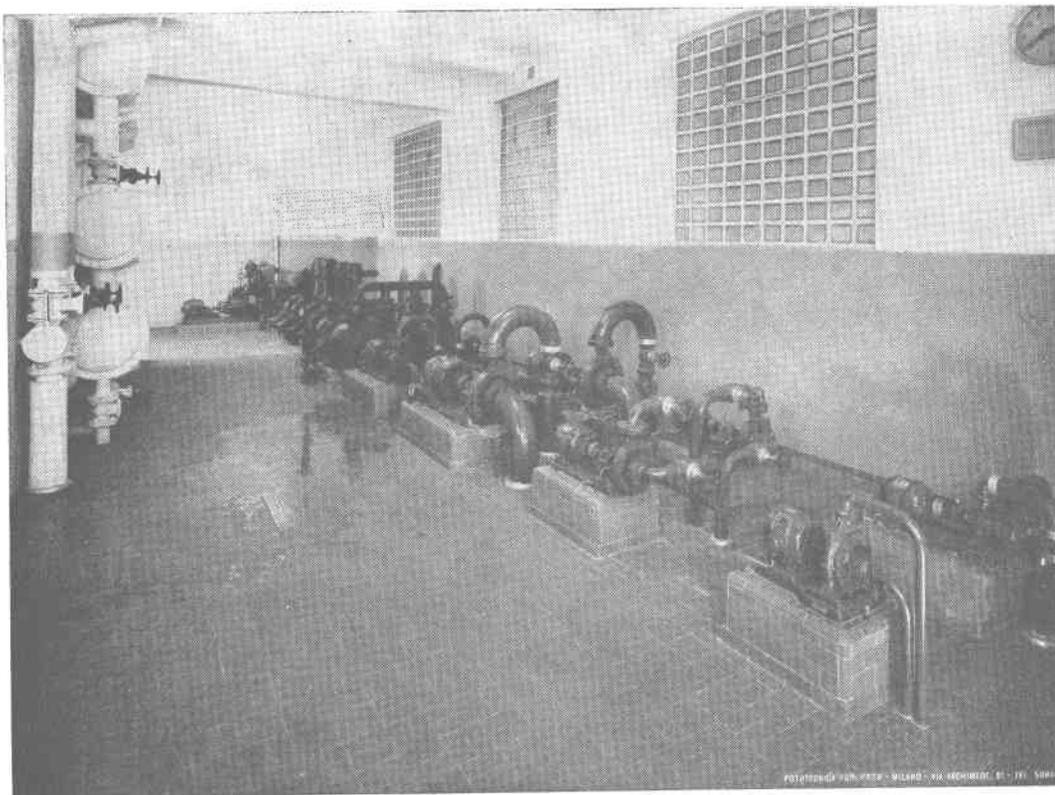



Fig. 10. — Gruppi elettropompe per la circolazione dell'acqua calda, di pozzo, temperata e refrigerata.

controllo della temperatura degli ambienti.

Un'idea dalle centrali termofrigorifera e di condizionamento e delle distribuzioni dei fluidi si ha esaminando la figura 8. Nelle figure 9, 10, 11, 12, 13 e 16 sono rappresentate le varie parti costituenti le centrali stesse.

I condizionatori locali dei complessi RST sono alimentati in estate e in inverno con acqua di pozzo la cui temperatura permette di sottrarre agevolmente il calore sensibile emesso dalle apparecchiature dei vari condizionatori. Una valvola miscelatrice automatica mantiene a 10 ÷ 12° la temperatura dell'acqua temperata allo scopo di evitare durante il condizionamento estivo condensazioni che non debbono avere luogo in batterie adibite esclusivamente al

5. Il problema dei rumori.

Il problema che ha destato maggiori preoccupazioni sino dalla impostazione del progetto, come si è già notato, è stato quello di evitare che in conseguenza della esistenza e del funzionamento dell'impianto si

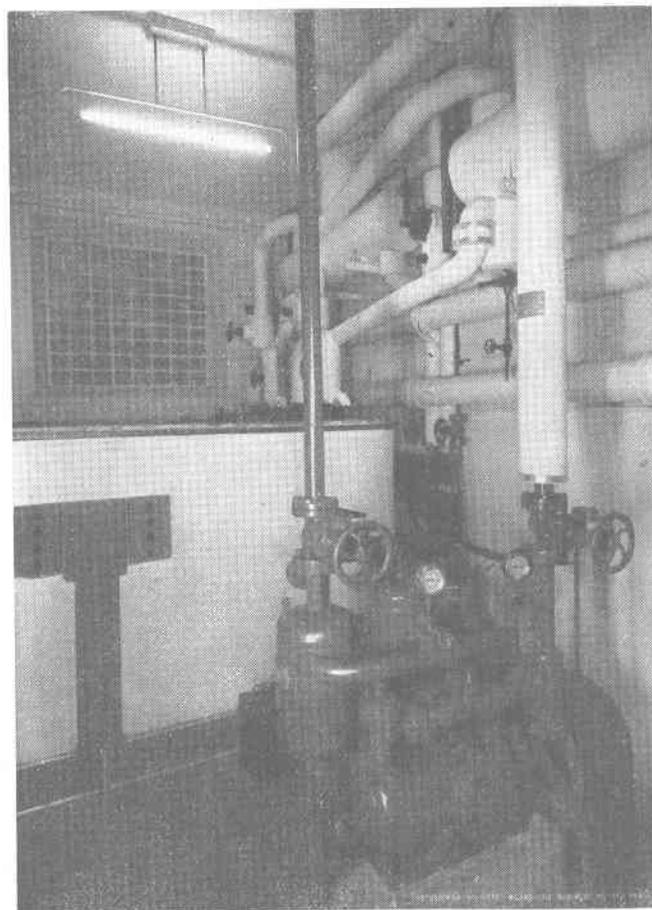
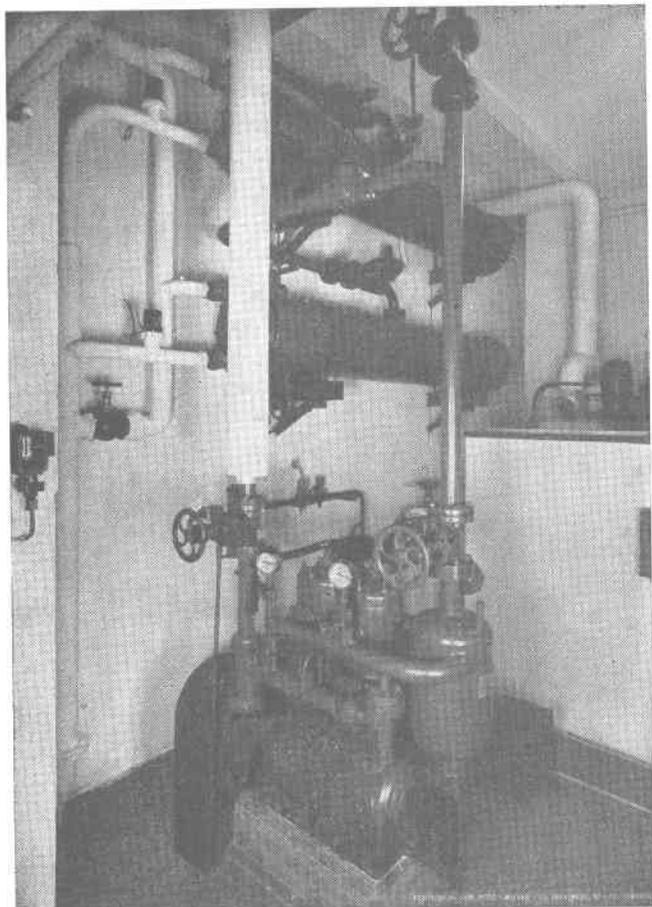



Fig. 11 (*a*, *b*). — La centrale frigorifera.

generassero o si trasmettessero disturbi il cui livello non fosse tollerabile.

Occorre notare a tale proposito che il minimo livello tollerabile per il rumore di fondo degli auditori è di 30 phon e che risulta oltremodo complesso attenuare eventuali disturbi, in ispecie di bassa frequenza, in modo da scendere al disotto di questo valore.

Oltre alla esclusione già citata di apparecchiature meccaniche in moto da installarsi negli ambienti, si sono studiate accuratamente le varie macchine ed in ispecie gli elettroventilatori che necessariamente sono collegati agli auditori dalle condotte in modo da cercare di ridurre al minimo le probabilità che trasmettessero rumori o vibrazioni.

I ventilatori esistenti (facevano parte della fornitura iniziata prima del 1939) sono stati accuratamente equilibrati e controllati, il collegamento con le condotte effettuato con manichette di tela olona, i basamenti studiati in modo che la frequenza di risonanza del complesso cadesse al disotto delle frequenze udibili (fig. 15).

Interessante l'impiego, quale materiale smorzante, della lana di vetro p. s. 150 Kg/mc anzichè del sughero, impiego che ha permesso di ridurre notevolmente la massa del basamento ed a cui si è stati spinti per ragioni costruttive delle centraline verticali che impedivano che la installazione dei ventilatori fosse effettuata alla quota che sarebbe stata necessaria per fissarli su un basamento di volume e quindi di massa sufficiente per ottenere lo stesso effetto smorzante con il sughero.

Fig. 12. — Centrale di condizionamento dell'aria - Celle di trattamento.

La parte dell'impianto in cui si sono in realtà realizzati progressi notevoli rispetto alle precedenti installazioni è stata la costruzione di speciali condotte assorbenti per i rumori.

I risultati hanno superato notevolmente le previsioni ottenute con i consueti schemi di calcolo, che quindi non appaiono molto rispondenti, almeno nel caso presente.

Le condotte sono state realizzate secondo le modalità che risultano chiaramente dalla figura 14.

Esse si sono in un primo tempo costruite in tutte quelle parti dell'edificio nelle quali le canalizzazioni una volta poste in opera non sarebbero state più ispezionabili nè dall'esterno, in quanto inaccessibili, nè dall'interno in quanto di sezione troppo piccola per risultare praticabili.

Per gli altri tratti di condotta, ad esempio nelle salite dalla centrale ai vari piani, che risultano facilmente accessibili, in assenza di elementi certi che permettessero di «progettare» a priori la qualità e quantità del rivestimento, ci si è riservati di procedere ad una eventuale correzione da effettuare, una volta costruito l'impianto, qualora se ne fosse presentata la necessità.

Ad impianto eseguito le canalizzazioni costruite con il sistema indicato si sono mostrate perfettamente efficienti ed hanno permesso di ottenere valori elevati dell'isolamento anche tra ambienti adiacenti serviti dalle stesse condotte ed anche per suoni di bassa frequenza che sono i più difficili da attenuare.

Per le altre canalizzazioni non rivestite si è dovuto provvedere al solo trattamento dei

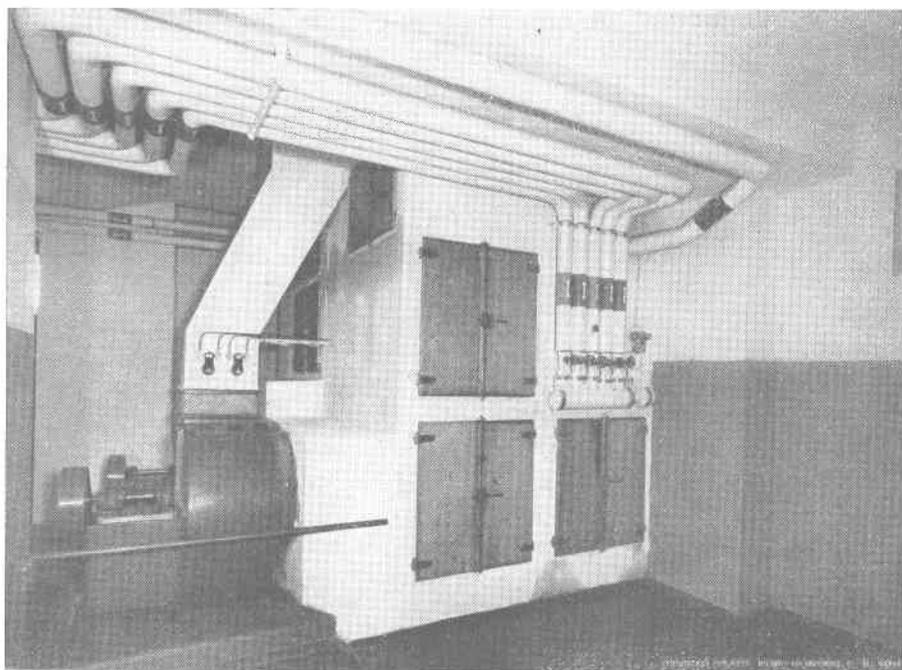



Fig. 13. — Centrale di condizionamento dell'aria - Particolare della cella di pretrattamento dell'aria esterna.

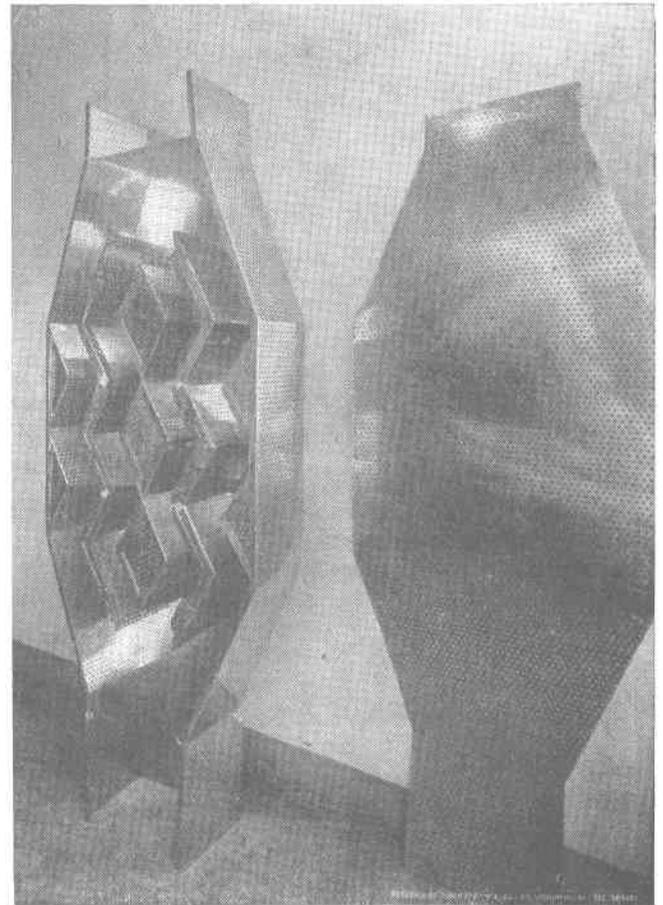
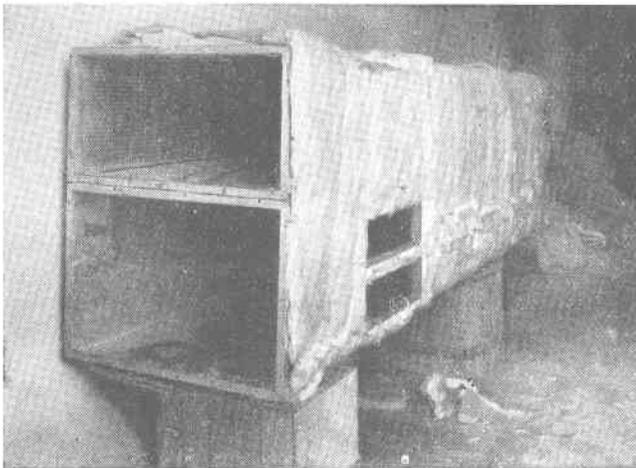
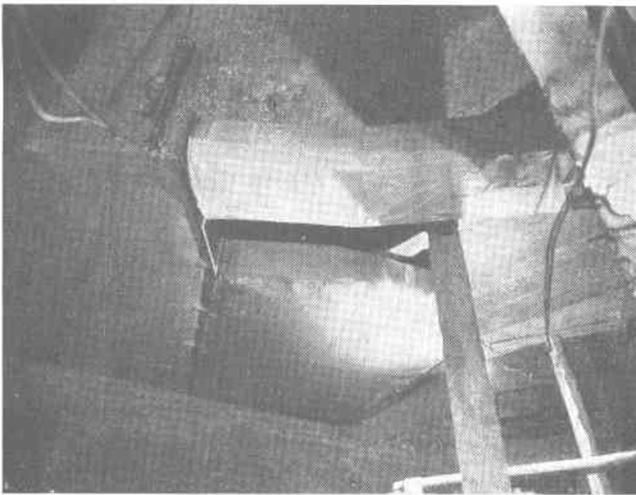
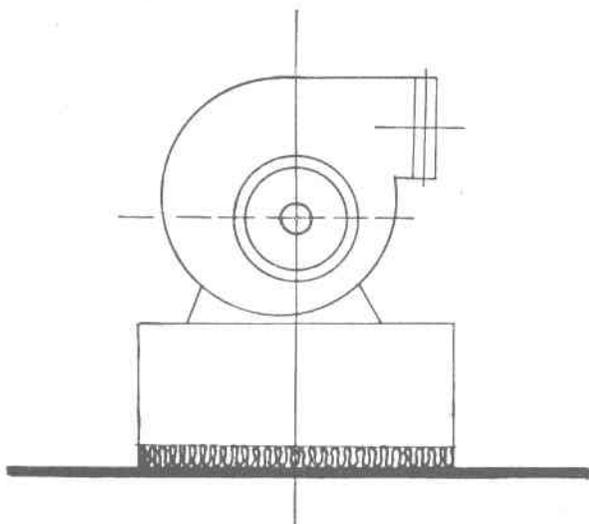
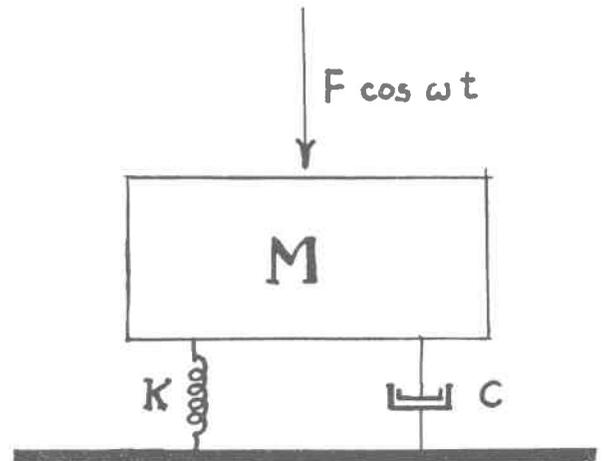



Fig. 14. — Condotte assorbenti in lamiera di alluminio forato rivestite prima con una garza quindi con feltro di vetro dello spessore di 20 mm e successivamente con tela olona impermeabilizzata o con un contro-canale anche esso in alluminio.

Elettrov. m^3/h	Peso Kg	Peso bas. Kg	Peso totale (M) Kg	Superficie base (S) cm^2	$M (2 \pi f_r)^2$	$1/K_2 = \frac{1}{M (2 \pi f_r)^2}$	$1/K = S/K_1$	Spessore lana vetroflex cm (*)
30 000	700	800	1500	32 000	$1,335 . 10^{10}$	$0,75 . 10^{-10}$	$2,4 . 10^{-6}$	2
19 000	450	670	1120	27 000	$1,0 . 10^{10}$	$1,0 . 10^{-10}$	$2,7 . 10^{-6}$	2
16 000	390	560	950	22 400	$0,845 . 10^{10}$	$1,18 . 10^{-10}$	$2,6 . 10^{-6}$	2
12 000	285	520	805	20 800	$0,716 . 10^{10}$	$1,39 . 10^{-10}$	$2,9 . 10^{-6}$	2
6 000	180	300	480	12 000	$0,427 . 10^{10}$	$2,34 . 10^{-10}$	$2,8 . 10^{-6}$	2
28 000	675	2250	2925	44 800	$2,61 . 10^{10}$	$0,382 . 10^{-10}$	$1,7 . 10^{-6}$	2

(*) Lana di vetro e fibra lunga stratificata in senso normale alla sollecitazione-peso specifico 150 Kg/mc

Fig. 15. — Schema e dati di calcolo per la realizzazione del basamento antivibrante dei ventilatori.

TABELLA IV

1) Misure effettuate in tutti gli auditori dopo costruito l'impianto (strumento usato fonometro General Radio):

livello ad impianto in moto 30 phon

2) Sistemazione acustica sale televisione.

Prima del trattamento:

Impianto fermo	28 phon;
Impianto in moto	38 phon.

Misure effettuate dopo il rivestimento del pozzo di salita con pannelli di lana di vetro dello spessore di 2 cm:

Sala grande:

Impianto fermo	28 phon;
Impianto in moto	34 phon.

Sala piccola:

Impianto fermo	26 phon;
Impianto in moto	30 phon.

Poichè risultavano ancora presenti nelle sale dei rumori di bassa frequenza (circa 64 Hz) si è provveduto a montare nei canali in senso trasversale (tratto fra i condizionatori e il pozzo di salita) dei gruppi di pannelli assorbenti (lana di vetro spessore 4 cm) opportunamente distanziati in relazione alla frequenza da assorbire (circa metri 2,60). Si sono così misurati i seguenti valori:

Sala grande:

Impianto fermo	28 phon;
Impianto in moto	32 phon.

Sala piccola:

Impianto fermo	26 phon;
Impianto in moto	28 phon.

3) Misure di attenuazione effettuate sui canali di mandata dei complessi RST realizzati come in figura 8 su un percorso di circa 20 mt. sez.

Frequenze	Livello in phon prodotto con altoparlante all'inizio dei canali nel sottotetto	Livello in phon misurato in prossimità dell'attacco dell'anemostato nell'ambiente
100 Hz	74	40
200 »	73	42
500 »	100	42
1000 »	94	— inferiore al rumore ambiente (28 phon)
2000 »	106	—
3000 »	90	—

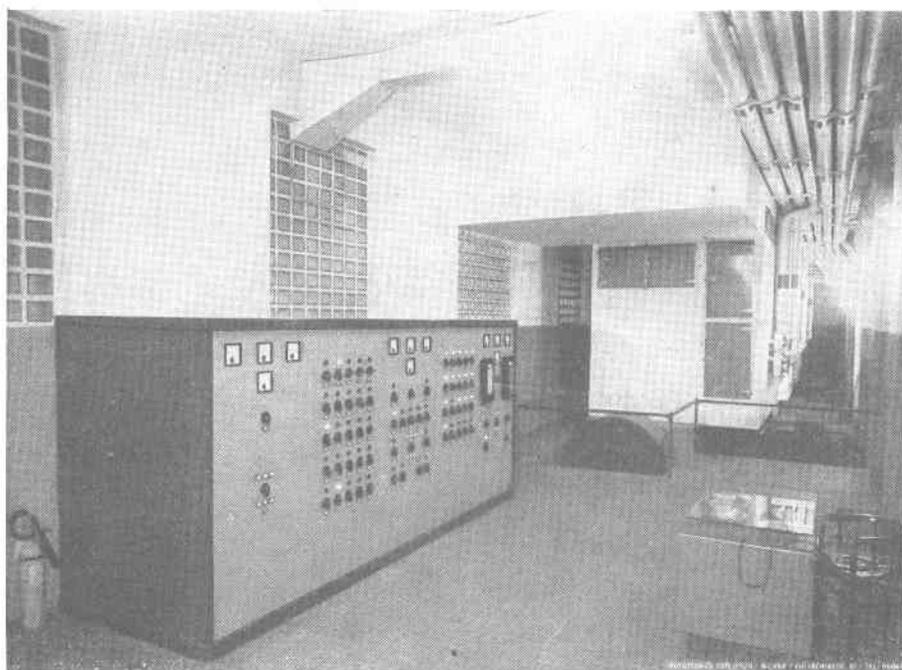



Fig. 16. — Quadro elettrico generale delle centrali termofrigorifera e di condizionamento.

tratti verticali di mandata e di estrazione, dalla sala macchine alla sala televisione, in quanto, data la vicinanza tra i due ambienti, l'attenuazione dei rumori generati in centrale non risultava sufficiente.

Nella tabella IV sono riportati i dati delle misure effettuate nei vari ambienti prima e dopo il trattamento assorbente dei canali di distribuzione.

Difficoltà veramente notevoli si sono invece incontrate per l'attenuazione dei disturbi generati dai condizionatori locali installati nei complessi RST.

Malgrado la sospensione elastica realizzata per gli elettroventilatori, i diffusori opportunamente disposti per evitare moti verticosi, i bassi valori della velocità dell'aria, il basso numero di giri dei motori e dei ventilatori, ed il tipo accuratamente prescelto, dopo la installazione i condizionatori generavano in livello di circa 50 phon. Nello spettro acustico si notava la presenza anche di numerose basse frequenze.

Per ottenere dei risultati soddisfacenti si è dovuto procedere ad un rivestimento completo della parete interna dei condizionatori con lana di vetro per assorbire le medie ed alte frequenze; una buona attenuazione per le basse frequenze si è invece ottenuta spruzzando le carcasse degli elettroventilatori con uno speciale impasto a base di amianto dello spessore di circa due cm.

Dopo il trattamento il livello complessivo è sceso a 34 phon.

L'impianto di condizionamento dell'aria e la centrale frigorifera sono stati forniti dalla Società Costruzioni Meccaniche Barbieri di Bologna.

(135)

NOTIZIARIO

INAUGURAZIONE DELL'AUDITORIUM DI TORINO DELLA RAI

La RAI, dopo l'incendio del Teatro di via Verdi, non disponeva più di una sala capace di ospitare il grande complesso lirico-sinfonico di Torino. Nell'intento di provvedere in modo degno a questa necessità, prese in esame le possibilità offerte dal Teatro Vittorio Emanuele e ne deliberò l'acquisto, affidando ai propri servizi tecnici il compito della trasformazione per renderlo adatto alle nuove esigenze.

Come già avvenne in altri casi consimili, anche qui la RAI volle valersi della collaborazione di architetti esterni alla propria oganizzazione ed affidò ad Aldo Morbelli e suoi collaboratori di studio, l'elaborazione del progetto di sistemazione generale dell'edificio. E ancora, considerando l'importanza che il problema veniva ad assumere, invitò altri cinque noti architetti della città a voler esprimere la loro idea relativamente al carattere ed alla risoluzione plastica della sala. Ciò sempre in accordo, beninteso, con le precise norme dettate dalle esigenze tecnico-acustiche.

Il riuscito concorso, vagliato da una commissione di tecnici e critici competenti, portò l'architetto Carlo Mollino a completare il gruppo dei collaboratori preposti all'opera.

I vecchi frequentatori del Teatro Vittorio ricorderanno come i ripetuti rifacimenti non fossero mai riusciti a rendere veramente funzionale ed accogliente il locale. E' poi nella memoria di tutti il decadimento e l'abbandono cui il teatro era pervenuto nell'ultimo periodo della sua attività.

Inadeguati alla capienza erano: l'ingresso, la biglietteria, le sale di sosta ed altri indispensabili servizi, pur notando come l'impostazione ed il numero delle scale e l'ampiezza dei corridoi laterali di disimpegno della sala fossero risolti con maggiore larghezza di quanto non si riscontri in edifici analoghi.

Primi e più importanti problemi affrontati nello studio per la realizzazione dell'Auditorium, sono stati quelli degli ingressi per il pubblico, dei locali per la sosta durante gli intervalli e, in primo piano, quello del rapido deflusso.

Si è addivenuti così allo sdoppiamento degli ingressi: quello per la galleria è stato ubicato sulla sinistra della fronte via Rossini con portico antistante e con biglietteria e guardaroba propri.

Ai posti di platea e balconata si accede invece per numerosi ampi passaggi situati sulla destra della stessa fronte ed anche sul lato più grande che fronteggia la nuova piazzetta. Passaggi, questi ultimi, protetti da una pensilina tanto spaziosa da permettere l'accostamento degli automezzi. In numero limitato questi potranno sostare sulla piazza purtroppo non grande. E' da augurare che nella definitiva sistemazione urbanistica della zona l'attuale soluzione, ottenuta dalla RAI per concessione speciale delle Autorità demaniali, possa essere completata da più ampia e logica pla-

Fig. 1. - Auditorium di Torino della RAI: la facciata.

R.A.I. -TORINO-
NUOVO AUDITORIUM - VIA ROSSINI 15
PIANTA PIANO TERRENO 1:200

Via Rossini

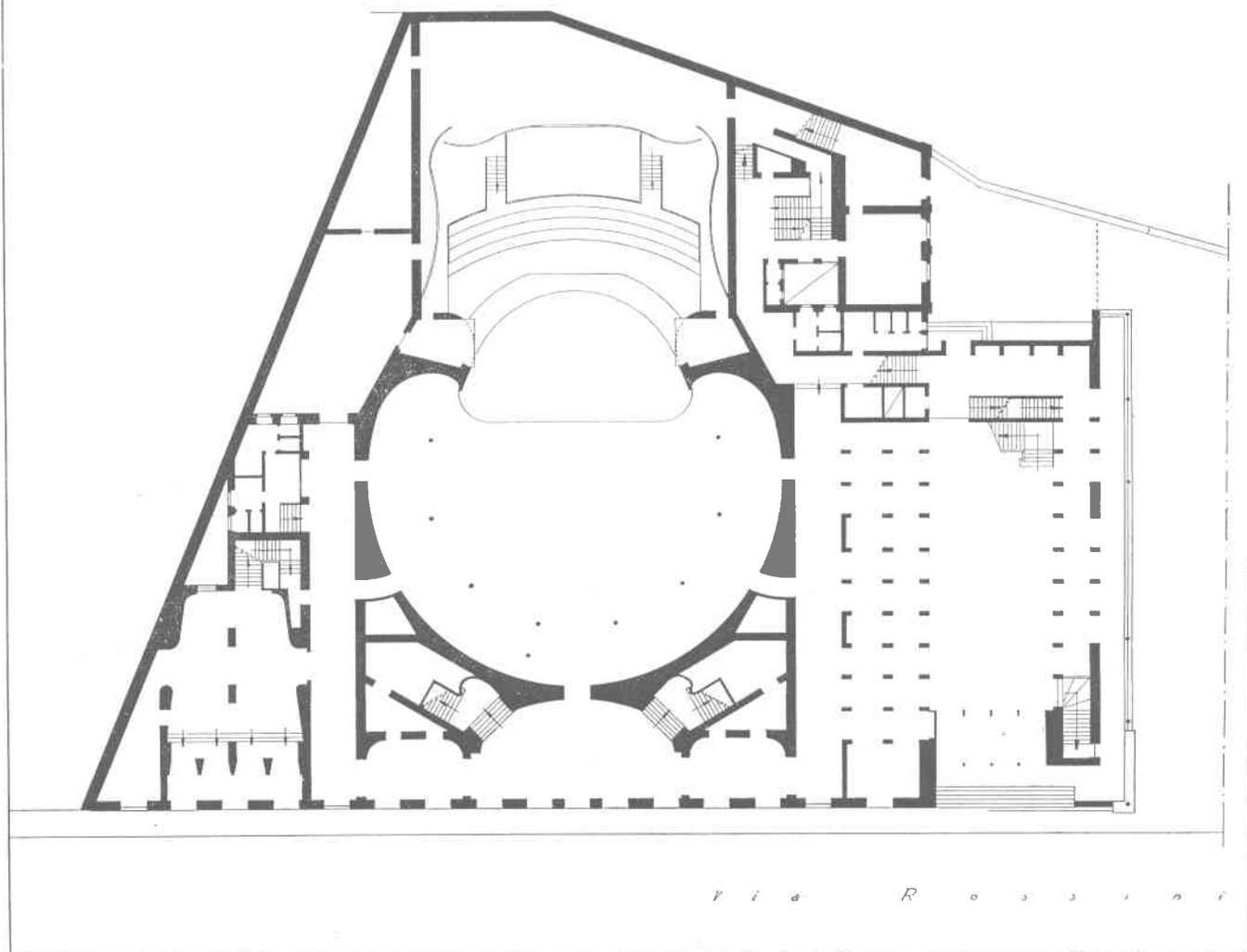



Fig. 2. - Auditorium di Torino della RAI: planimetria.

nimetria comprendente allacciamenti diretti con il sovrastante giardino e con il corso S. Maurizio.

L'accennato schema di movimento del pubblico ha determinato la linea direttrice per il lavoro di trasformazione del vecchio teatro ed ha consigliato la costruzione del nuovo corpo di fabbrica, di volume superiore ai seimila metri cubi, il quale è occupato al piano terreno dal nuovo grande atrio-ridotto, mentre ospita nel sottosuolo la sala del coro e vari servizi e nei piani superiori sale da ricevimento e numerosi uffici per i funzionari artistici e tecnici addetti al complesso.

Le porte al livello strada sono, per numero ed ampiezza, tali da assicurare lo sfollamento in pochi minuti.

Poichè la sala propriamente detta, di oltre 15.000 metri cubi, già possedeva una buona resa acustica, confermata dalle misurazioni appositamente istituite, si rendeva necessario non turbarne le essenziali caratteristiche durante il rimaneggiamento architettonico. Questo prese spunto dalla possibilità di migliorare ancora la già buona situazione della sala a pianta centrale riducendo il poligono di perimetro ad una forma quasi completamente circolare.

Vennero sostituiti con colonnine di acciaio i massicci piedritti che reggevano le balconate rendendo massimo lo sfruttamento dell'area della Sala a tutto vantaggio del pubblico. La trasformazione del grande tamburo finestrato che costituiva il soffitto centrale e la conseguente nuova modellazione a superfici curve diffondenti, ha recato un notevole vantaggio per l'isolamento dei rumori esterni e ha eliminato alcuni piccoli echi multipli che si notavano in precedenza.

Lavoro costruttivo di notevole importanza è stato l'allargamento di quasi sei metri di

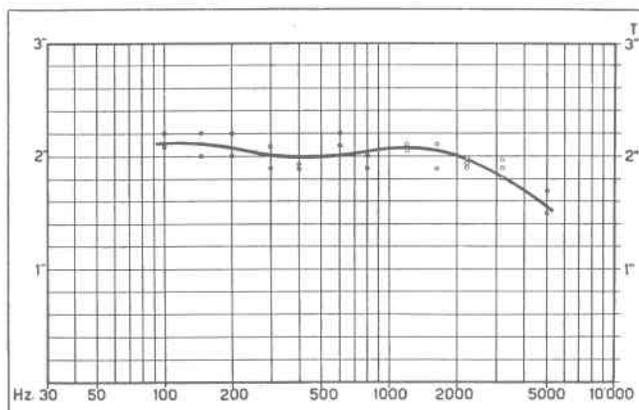



Fig. 3. - Auditorium di Torino della RAI: curva tempo di riverberazione-frequenza della sala.

ciò che era il vecchio taglio di boccascena. Ciò ha permesso di ottenere quella continuità fra la platea e la gradinata d'orchestra, che è notevole conquista visiva e spaziale. Della gradinata, la zona bassa è costruita con normali praticabili da teatro, mentre la zona cori-organo è a struttura cementizia. Due elevatori posti ai fianchi del podio del direttore d'orchestra, ed uno al centro gradinata, permettono il rapido trasferimento dei pianoforti e della consolle dell'organo a seconda che tali istrumenti intervengano o meno nel complesso orchestrale.

L'organo da concerto a quattro tastiere, composto di oltre cento registri e circa diecimila canne è collocato in tre sezioni distinte di cui la principale (« grande organo » e « a solo ») al centro sul fondo dell'orchestra e le altre due (« positivo » e « recitativo ») nei corpi laterali individuati dalle grandi aperture alettate al disopra delle finestre di regìa. L'organo con la mostra frontale delle grandi canne di stagno interviene visivamente nella scenografia del fondale.

Inesistenti o del tutto inadatti, gli impianti tecnologici sono stati rifatti ed organizzati per soddisfare le nuove esigenze derivanti dalla trasformazione del teatro in auditorium.

Con ingenti lavori di scavo e sottomurazione sono stati ricavati nel sottosuolo i locali necessari a contenerli. Tutti gli impianti (riscaldamento, condizionamento dell'aria estivo ed invernale, impianti elettrici, ecc.) sono stati progettati e realizzati in modo da garantirne l'esercizio con larghi margini di sicurezza.

Gli impianti di ripresa microfonica sono costruiti con le più moderne caratteristiche adottate dalla RAI nelle sue più recenti installazioni del genere. Dal punto di vista funzionale l'Auditorium è considerato come uno studio facente parte del complesso generale di audiofrequenza di Radio Torino. Per questo sono stati posati numerosi cavi di raccordo di vario tipo (compreso un cavo coassiale per riprese televisive) fra l'Auditorium e la sede di via G. Verdi.

I lavori furono iniziati nella primavera del 1950 per la prima parte relativa agli scavi ed alle sottofondazioni. Alla fine dello stesso anno furono poi affrontati in pieno dopo la definitiva approvazione dei progetti. La sala è stata inaugurata, dopo poco più di due anni di lavoro, il 16 dicembre 1952.

Dott. Ing. Alessandro Serangeli
della RAI

(139)

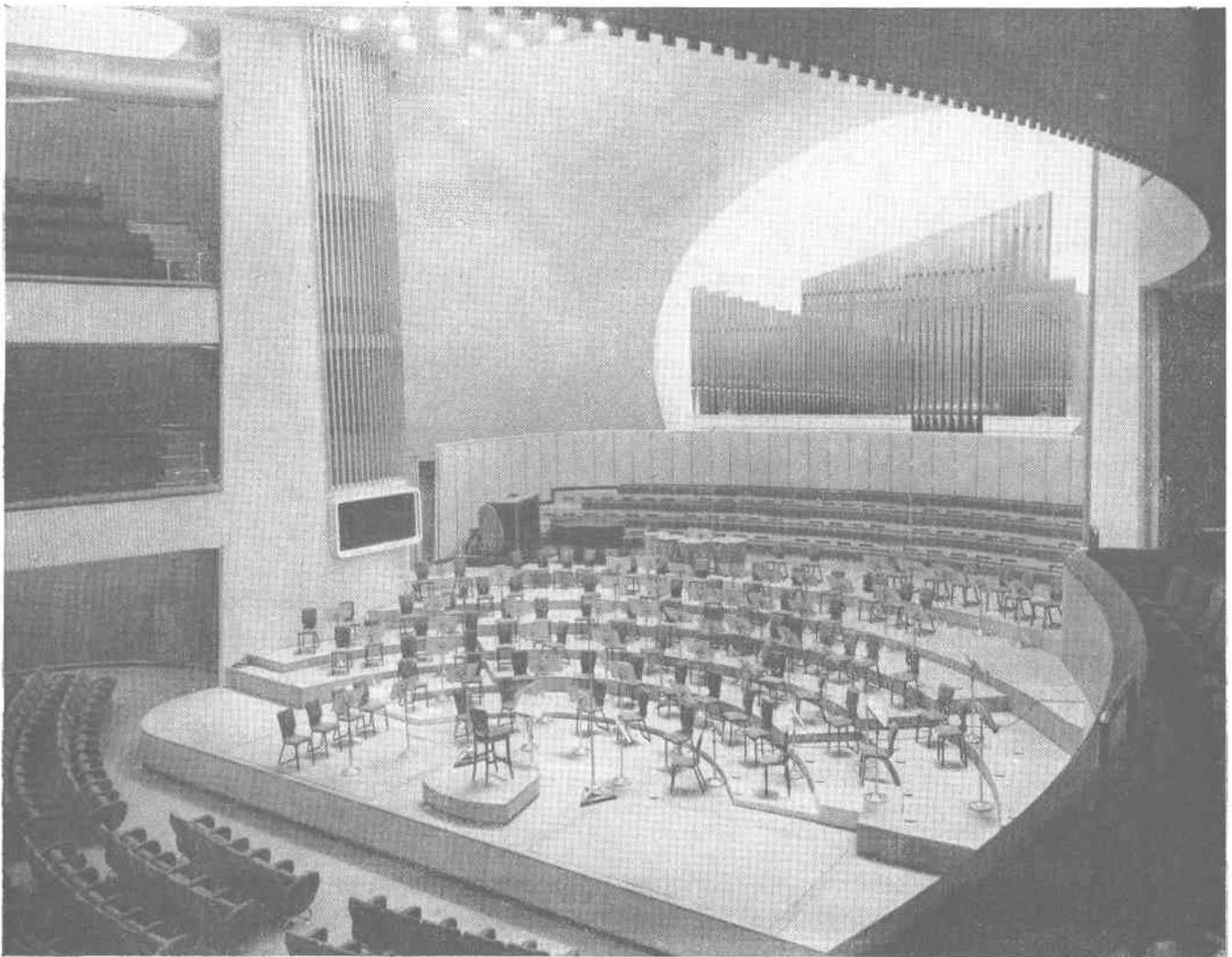



Fig. 4. - Auditorium di Torino della RAI: interno della sala, lato orchestra.

SOMMARIO DEL NUMERO 2 DELLA RIVISTA

CIVILTÀ DELLE MACCHINE

Il numero 2 di « Civiltà delle Macchine » porta sulla copertina la riproduzione a colori della struttura di un circuito radar. Conseguente al fine che si è imposto la Rivista, che è quello di portare il mondo della cultura a contatto coi problemi della scienza e della tecnica, il numero si apre con una lunga **Lettera** dello scrittore Carlo Emilio Gadda e continua con la trattazione di vari argomenti di attualità scientifica e di portata sociale. L'articolo di fondo è dedicato alla industria elettrica italiana, s'intitola **31 Miliardi di kWh**, ne è autore Luigi Selmo. Seguono **Le Pistoiesi** di Umberto de Franciscis; **Un elogio della energia** di Otto Cuzzer; **Un segno, un tabù** di Antonio Boggeri; **Una lanterna, una lucerna, un'oliera** di Leonardo Sinisgalli; **L'occhiale è figlio della precisione** di Franco Vegliani; **Le scoperte di Bruno Munari** di Vincenzo Lacorazza; **Manzi, navigatore immaginario** di Libero de Libero; **La velocità in automobile** di Giansiro Ferrata; **Via Panisperna, culla dell'atomica** di Vittoria Notari; **Panfili e motoscafi nelle grotte di Posillipo** di Mario Stefanile; **In primo piano gli infissi** di Vincenzo Monaco; **Borromini in ferro** di Paolo Portoghesi; **Impressioni di fonderia** di Domenico Cantatore; **Architettura supersonica** di C. F. Cremona; **La fabbrica, casa dell'uomo** di Geno Pampaloni; **La vecchiaia difficile** di Franco Fortini; **Luce alla San Giorgio** di Cristoforo Carli; **I cimeli del progresso** di Sagredo; **Fantasia degli inventori** di Alessandro Boni; **La benzina italiana** di Attilio Jacoboni e **Un millesimo di milionesimo di secondo** di Ruggero Querzoli.

In questo secondo numero di marzo la Rivista ha ripreso la recente celebrazione del decimo anniversario del successo della prima reazione nucleare a catena scegliendo dalle conferenze di Fermi, che ne fu il maggiore esperimentatore, una **Antologia** dei suoi scritti e una serie di documenti inediti della sua vita, dovuti alla cortesia di una sorella dello scienziato che vive a Roma. Ha dedicato inoltre delle note redazionali ad argomenti che vanno dai versi satirici di Maxwell al rifacimento di una nave cisterna spezzata in due da una esplosione e ricongiunta in quaranta giorni, dalla poesia di un operaio di Terni alla rievocazione della figura di Raffaele Contu. Disegni e tavole interne di Manzi, Munari, Bianconi, Cantatore, Metelli e Turcato completano il volume di 80 pagine a colori che, ricco di documentazioni fotografiche inedite, è in vendita dal 15 febbraio nelle edicole al prezzo di 400 lire.

APPARECCHIATURE AD AUDIOFREQUENZA PER IL CONTROLLO E PERFEZIONAMENTO DI QUALITÀ NELLE TRASMISSIONI RADIOFONICHE

SOMMARIO - Vengono descritte ed illustrate nelle loro principali caratteristiche tecniche e d'impiego, alcune apparecchiature destinate al controllo ed al miglioramento della qualità dei segnali ad audiofrequenza nelle trasmissioni radiofoniche, e principalmente le apparecchiature funzionanti nel nuovo Palazzo della Radio di Milano.

INTRODUZIONE.

In un'apparecchiatura destinata a servizi di registrazione o di ripresa del suono, in cui prevalgono esigenze di carattere artistico, la « fedeltà » della riproduzione costituisce uno dei più importanti requisiti. La tecnica elettroacustica ha compiuto grandi progressi e si può affermare che oggi è possibile riprodurre la musica e la parola con quasi assoluta perfezione; queste possibilità sono però ancora limitate all'ambito dei laboratori sperimentali ed, almeno in Europa, assai raramente il mercato offre apparecchiature di serie dotate di una effettiva alta fedeltà, tale, cioè, da ingenerare nell'ascoltatore sensazioni di un sufficiente realismo.

Considerando questa situazione, e di fronte alle esigenze che vanno sempre più manifestandosi, ed in grado sempre crescente, le *Officine Subalpine Apparecchiature Elettriche « OSAE » in Torino*, dopo una seria preparazione e studi approfonditi, hanno realizzato la produzione di apparecchiature elettroacustiche di altissima qualità.

Queste apparecchiature dovevano naturalmente interessare in primo luogo gli Enti di radiodiffusione, ed infatti numerosi sono già oggi gli esemplari in funzione presso la RAI ed anche presso stazioni estere.

Particolarmente importante è l'impiego da parte della RAI, che è stato deliberato, coll'abituale criterio di serietà, dopo lungo periodo di prove e controlli, in laboratorio ed in esercizio pratico.

Crediamo pertanto interessante dare qui di seguito una descrizione delle apparecchiature in funzione presso il nuovo Palazzo della radio in Milano.

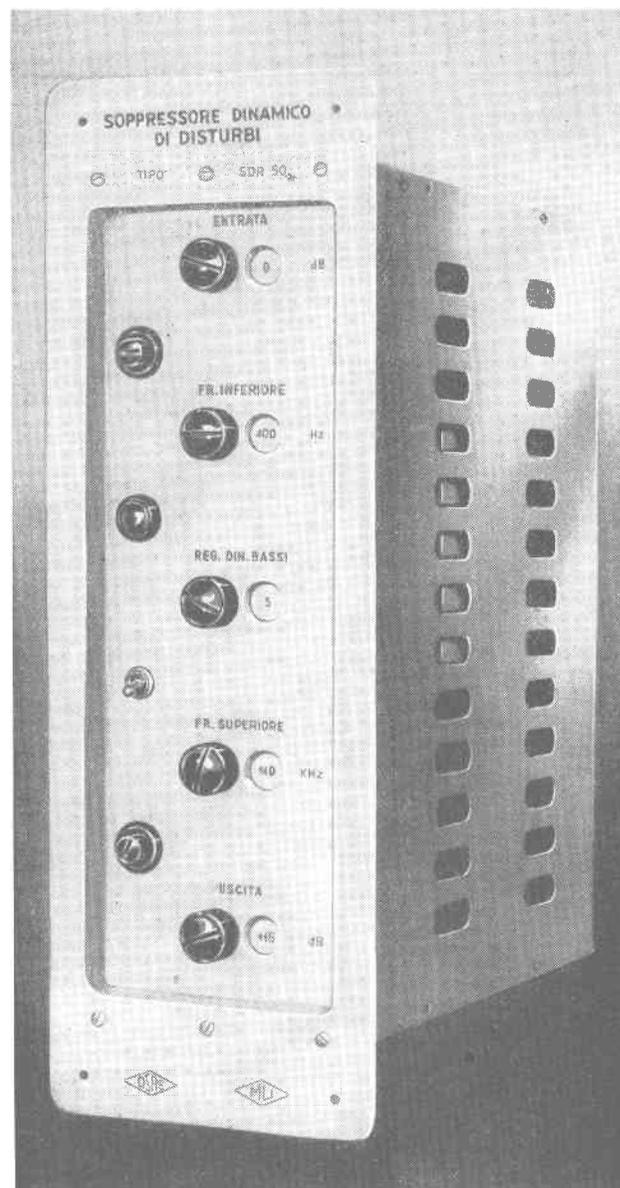



Fig. 1. — Soppressore dinamico di disturbi « MU » a permeabilità variabile, tipo SDR 50, con pannello verticale da incasso.

SOPPRESSORE DINAMICO DI DISTURBI "MU" TIPO SDR 50 - A PERMEABILITÀ VARIABILE

Il soppressore dinamico tipo SDR 50 è stato progettato con criteri professionali ed il suo impiego appare indicato specialmente negli studi di radiodiffusione e di registrazione del suono, ove consente, in molti casi, un considerevole miglioramento del rapporto segnale-disturbo senza alcuna menomazione apprezzabile della qualità del segnale utile.

Caratteristiche fondamentali.

L'apparecchiatura in oggetto, il cui principio di funzionamento è stato descritto in precedente articolo [1], rientra nella categoria dei soppressori ad azione orizzontale nei quali l'incremento del rapporto segnale-disturbo viene ottenuto variando automaticamente la banda passante in funzione dei parametri del segnale entrante (ampiezza e frequenza). In questo soppressore tale scopo viene ottenuto con nuovi procedimenti che offrono notevoli vantaggi in quanto a praticità, stabilità e qualità dei risultati ottenibili. L'elemento fondamentale del soppressore è costituito da un nuovo tipo di filtro passabanda le cui frequenze di taglio possono essere spostate indipendentemente l'una dall'altra agendo sul valore degli elementi induttivi essere rese funzione del segnale entrante, oppure possono essere variate manualmente per mezzo di resistori regolabili; nel primo caso si ottiene il funzionamento « dinamico », nel secondo caso si ha la regolazione « statica ».

Le principali proprietà di questo filtro sono le seguenti:

— distorsione di non linearità estremamente bassa;

— assenza di oscillazioni transitorie conseguenti all'azione regolatrice (grazie alla struttura bilanciata dei reattori a saturazione);

— possibilità di ottenere spostamenti rapidissimi delle frequenze-frontiera senza che alcuna perturbazione si sovrapponga all'effetto utile;

— vita illimitata, sicurezza e stabilità di funzionamento paragonabili a quelle degli amplificatori magnetici;

— insensibilità alle normali variazioni delle caratteristiche dei tubi facenti parte del circuito di comando; nessuna necessità di scelta o di bilanciamento dei tubi medesimi.

La struttura della rete filtrante è stata scelta in modo da rendere trascurabili le distorsioni dei

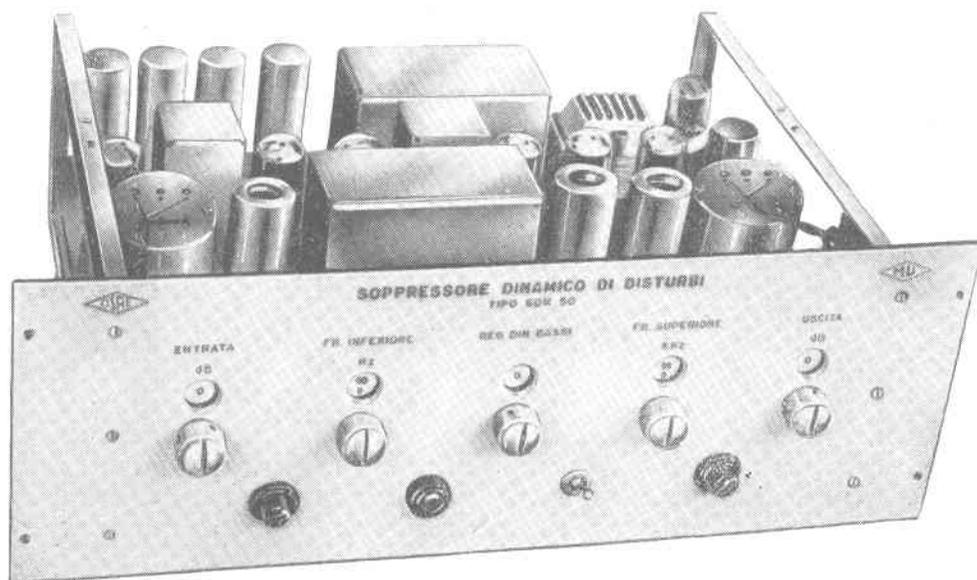



Fig. 2. — Soppressore dinamico di disturbi « MU » tipo SDR 50 su pannello standard e senza cuffia di protezione.

costituiti da reattori saturabili bilanciati (brevetti originali OSAE).

Il comando delle frequenze-frontiera viene effettuato inviando correnti continue, o, quantomeno, unidirezionali negli avvolgimenti di premagnetizzazione dei suddetti reattori; tali correnti possono transitori; all'uopo si sono evitate le rapide variazioni di fase entro la banda passante o agli estremi di essa facendo coincidere i punti d'inversione con le frequenze di massima attenuazione.

Un'altra importante caratteristica si riferisce al circuito di comando della frontiera superiore del filtro passabanda.

Durante il funzionamento dinamico lo spostamento di tale frontiera viene mantenuto entro i

[1] Vedi *Elettronica e Televisione Italiana*, marzo-aprile 1952, anno I, n. 2.

limiti strettamente necessari per consentire, in ogni istante, il passaggio delle componenti di segnale che superano un valore di soglia che può essere regolato per mezzo di un apposito comando; in tal modo si evita che l'allargamento dinamico della banda passante sia sproporzionato di fronte all'estensione effettiva dello spettro del segnale utile e si ottiene perciò un ulteriore miglioramento del rapporto segnale-disturbo.

I comandi dinamici delle due frequenze-frontiera del filtro passabanda sono ottenuti per mezzo di uno speciale circuito che agisce sia in funzione dell'ampiezza che della frequenza del segnale utile, secondo leggi diverse e convenientemente scelte con lo scopo precipuo di impedire che le componenti di disturbo comprese nella gamma di soppressione, possano influire sull'azione di comando. Per quanto si riferisce a questa ultima, ci si è attenuti al concetto di variare la banda passante non in funzione del livello complessivo dell'intero segnale, bensì in dipendenza del livello delle componenti di esso di frequenza vicina alle gamme di soppressione e compresa in esse; ciò per evitare che segnali intensi, ma privi di armoniche ed interessanti esclusivamente la zona centrale della gamma acustica possano causare un allargamento della banda passante con conseguente apparizione di disturbi che,

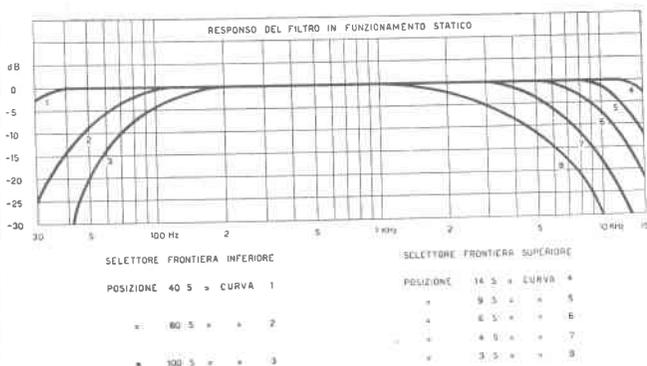



Fig. 3. — Soppressore dinamico di disturbi tipo SDR 50. Curve di responso in funzionamento statico.

per essere di frequenza alquanto diversa da quella del segnale utile, non verrebbero mascherati dal medesimo.

Per far fronte alle diverse esigenze che si presentano nell'uso pratico si è provveduto a rendere spostabile la gamma di soppressione superiore pur mantenendo costante l'estensione in ottave della gamma medesima; tale spostamento è suddiviso in quattro gradini che coprono complessivamente un'ottava.

Il controllo dinamico della frequenza-frontiera superiore è caratterizzato da un'elevatissima rapidità grazie alla quale si ottiene una resa perfetta degli attacchi improvvisi, quali per esempio le consonanti di inizio parola, i colpi di piatti nella musica, ecc., come pure una completa eliminazione delle « code » di disturbo che, altrimenti, si verificherebbero al termine di ogni intervento del circuito di comando. Tale rapidità sarebbe difficilmente raggiungibile con altri sistemi senza incorrere in gravi inconvenienti, come per esempio: la sovrapposizione al segnale utile di intensi parassiti a fronte ripido, la comparsa di sensibili distorsioni di non linearità, ecc.

La soppressione dei rumori di frequenza bassa avviene in funzione del livello delle componenti di segnale di frequenza compresa fra 150 e 800 Hz: essa è straordinariamente efficace ed elimina praticamente tutte le oscillazioni parassite ed i rumori di fondo al disotto di 100 Hz senza che si avverta la minima variazione nella riproduzione dei suoni di frequenza bassa.

Il responso dell'apparecchiatura si è fatto volutamente ripido al disotto dei 40 Hz, onde eliminare permanentemente quelle oscillazioni che assai raramente fanno parte del segnale utile.

Si può quindi concludere questa rapida rassegna affermando che per l'azione concomitante dei fattori esaminati, il sistema di soppressione dinamica che si è descritto garantisce una efficienza elevatissima pur soddisfacendo ai più severi requisiti di linearità.

a) *Costituzione dell'apparecchiatura.*

L'intera apparecchiatura è montata su di un pannello Standard (Siemens o americano) ed in una scatola comandi che permette la manovra ed il controllo a distanza del soppressore dinamico. Essa comprende:

— un traslatore bilanciato di entrata;

— un regolatore del livello di entrata graduato in dB;

— un amplificatore di entrata tipo « MU » (brevettato);

— un filtro passabanda a permeabilità variabile (brevettato);

— un amplificatore di uscita tipo « MU » (brevettato);

— un regolatore del livello di uscita graduato in dB;

— un traslatore bilanciato di uscita;

— un circuito per il comando dinamico della frontiera di taglio inferiore;

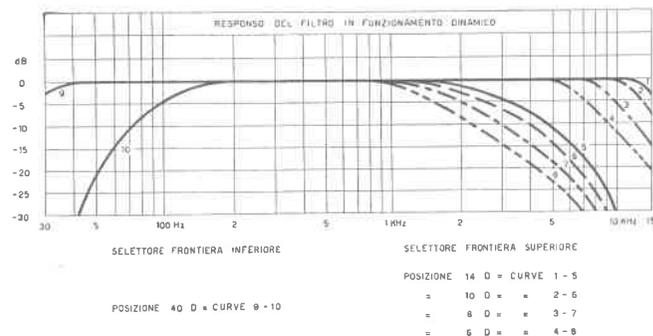



Fig. 4. — Soppressore dinamico di disturbi tipo SDR 50. Curve di responso in funzionamento dinamico.

— dispositivo per il comando statico della medesima grandezza di cui sopra;

— un circuito per il comando dinamico della frontiera di taglio superiore;

— dispositivi per il comando statico della medesima grandezza;

— dispositivi per la regolazione del funzionamento dinamico;

— un indicatore visivo del funzionamento dinamico della frontiera inferiore;

— un indicatore visivo del funzionamento dinamico della frontiera superiore;

— un indicatore visivo del massimo livello di segnale ammissibile;

— un comando per la connessione diretta fra le linee di entrata e di uscita con esclusione completa dell'apparecchiatura;

— un alimentatore anodico;

— un interruttore generale;

— spia, fusibili ed accessori vari.

I tubi impiegati sono i seguenti:

n. 7 « 6SL7GT »;

n. 2 « 6SN7GT »;

n. 1 « 6X5GT ».

b) *Caratteristiche elettriche.*

Massima estensione della banda passante:

40-12 000 Hz ± 1 dB

35-14 000 Hz ± 2 dB.

Livello di rumore di fondo: — 71 dB rispetto al massimo livello di erogazione.

Impedenza di entrata: 50-125/200-500 Ohm predisponibili.

Impedenza di uscita: 50-125/200-500 Ohm predisponibili.

Campo di regolazione del livello di entrata: da 0 dB a + 16 dB rispetto al livello di riferimento di 1 milliwatt (0,707 Volt) su carico di 500 Ohm (2).

Campo di regolazione del livello di uscita: da 0 dB a + 16 dB rispetto al livello di riferimento (1 milliwatt) (2).

Entrata e uscita sono previste per linee bilanciate.

Alimentazione: in corrente alternata 42-60 Hz; tensioni predisponibili: 110 - 125 - 140 - 160 - 220 - 280 Volt.

Assorbimento: 45 VA.

c) *Comandi esterni disposti sul pannello del soppressore dinamico.*

Regolazione del livello di entrata (direttamente graduato in dB).

Regolazione del livello di uscita (idem come sopra).

Selettore per il comando della frontiera inferiore: 4 posizioni:

40 D) funzionamento dinamico: taglio a 40 Hz

40 S) funzionamento statico: taglio a 40 Hz

60 S) funzionamento statico: taglio a 60 Hz

100 S) funzionamento statico: taglio a 100 Hz.

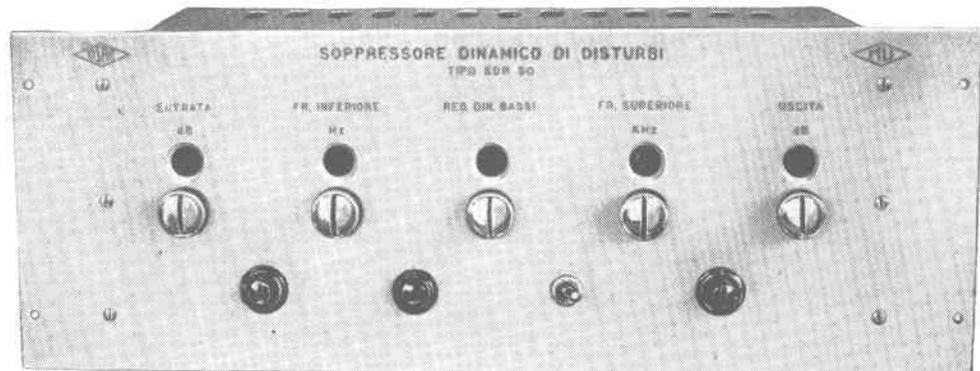



Fig. 5. — Soppressore dinamico di disturbi « MU » tipo SDR 50 su pannello standard.

Minima estensione della banda passante:

200-1100 Hz ± 1 dB

120-1500 Hz ± 2 dB.

Massima attenuazione della gamma di soppressione superiore: ÷ 35 dB.

Massima attenuazione della gamma di soppressione inferiore: ÷ 30 dB.

Distorsione di non linearità: ÷ 0,2% in corrispondenza del massimo livello di erogazione e nella gamma compresa fra 100 e 15 000 Hz.

Selettore per il comando della frontiera superiore: 9 posizioni:

14 D) funzionamento dinamico: frequenza max — 14 kHz

10 D) funzionamento dinamico: frequenza max — 10 kHz

8 D) funzionamento dinamico: frequenza max — 8 kHz

(2) I livelli indicati si intendono come valori massimi istantanei.

6 D) funzionamento dinamico:
frequenza max — 6 kHz

14 S) funzionamento statico:
frequenza max — 14 kHz

9 S) funzionamento statico:
frequenza max — 9 kHz

6 S) funzionamento statico:
frequenza max — 6 kHz

4 S) funzionamento statico:
frequenza max — 4 kHz

3 S) funzionamento statico:
frequenza max — 3 kHz.

Regolatore della sensibilità del comando dinamico della frontiera inferiore.

Interruttore generale.

d) *Comandi esterni disposti sul pannello della scatola comandi.*

Commutatore per l'esclusione dell'apparecchiatura:

posizione O: apparecchiatura esclusa; linea di entrata direttamente collegata alla linea di uscita;

posizione I: apparecchiatura inclusa.

Regolatore della sensibilità del comando dinamico della frontiera superiore

e) *Indicatori visivi al neon.*

Sono costituiti da tre lampade al neon la cui accensione indica rispettivamente: il funzionamento dinamico della frontiera inferiore; il funzionamento dinamico della frontiera superiore; il massimo livello di segnale ammissibile nel soppressore dinamico per non avere distorsione.

f) *Accessori.*

Fusibile generale disposto nel circuito primario del trasformatore di alimentazione, estraibile anteriormente: portata 200 mA.

Fusibile di protezione nel circuito di alimentazione anodica, estraibile anteriormente: portata 80 mA.

NORME PER L'ESERCIZIO.

Connessioni fra il soppressore dinamico e la scatola comandi.

La scatola comandi può essere portata anche a dieci metri di distanza dal soppressore dinamico senza che le connessioni disturbino il regolare funzionamento. Il collegamento fra la scatola ed il soppressore può essere eseguito con cavi normali non schermati: salvo che per le linee bilanciate di entrata e uscita, per le quali vigono le normali

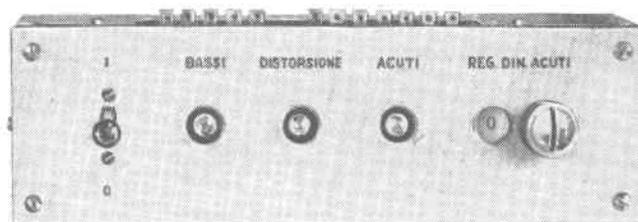



Fig. 6. — Scatola comandi e controlli a distanza per soppressore dinamico di disturbi SDR 50.

precauzioni contro i disturbi. Effettuati i collegamenti, verificare l'esatta predisposizione del cambiatensione prima di mettere sotto corrente l'apparecchiatura.

Verificare che i traslatori di entrata e uscita siano predisposti per l'impedenza desiderata.

Predisporre il regolatore di livello di entrata al valore del livello della linea BF in arrivo.

Mettere i selettori di frontiera superiore e inferiore su posizione per funzionamento dinamico.

Applicare il segnale BF e regolare i comandi di sensibilità dinamica della frontiera inferiore e superiore fino a che si accendano i rispettivi indicatori visivi.

La sensibilità del controllo della frontiera superiore va regolata finchè si ottiene il risultato che l'operatore giudica migliore.

In presenza di forti disturbi di frequenza elevata, si consiglia di abbassare il limite superiore di frequenza e di ridurre la sensibilità del circuito di comando.

Nel caso che siano presenti forti distorsioni di non linearità, nel campo delle frequenze elevate, può essere talvolta preferibile il funzionamento statico (3).

Regolare il livello di uscita al valore desiderato; quando i comandi relativi all'entrata ed all'uscita sono nella medesima graduazione, il livello di uscita risulta uguale a quello di ingresso.

Come altoparlante di controllo è consigliabile usare un tipo a larga banda.

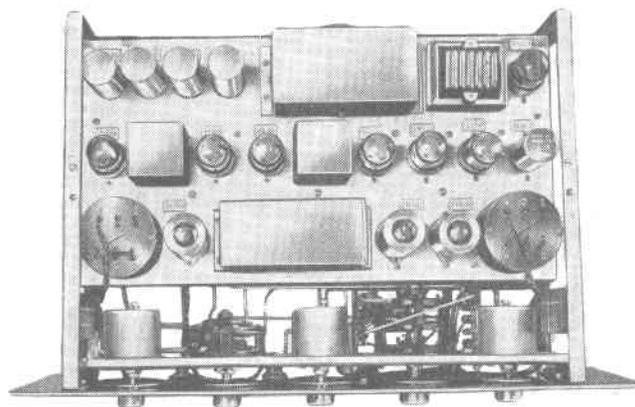



Fig. 7. — Vista delle principali apparecchiature nel soppressore dinamico di disturbi SDR 50.

(3) Tali distorsioni sono talvolta presenti nelle registrazioni fonografiche molto deteriorate o male eseguite; ovviamente il soppressore non può eliminare queste distorsioni, ma anzi, sopprimendo il fruscìo. che in questi casi è generalmente elevato e dà luogo ad un certo effetto di mascheramento, le pone maggiormente in rilievo.

AMPLIFICATORI PROFESSIONALI DI CONTROLLO

Gli amplificatori, usati nei dispositivi di controllo acustico delle trasmissioni, devono soddisfare alle più severe esigenze dal lato della distorsione, della linearità di responso e del rumore di fondo.

Gli amplificatori AULETE costruiti secondo gli ultimi dettami della tecnica, con l'impiego di speciali circuiti (brevetti OSAE), in virtù delle loro

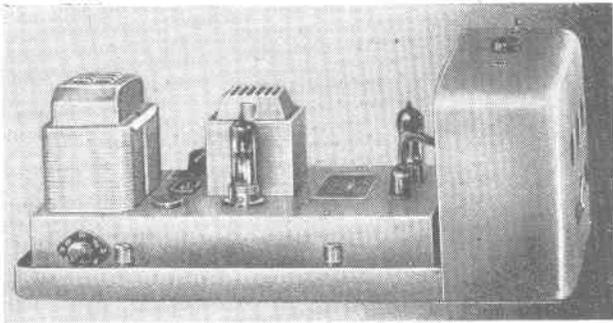



Fig. 8. — Vista interna dell'amplificatore AULETE tipo P 12 2.

ottime qualità, sono stati adottati dalla RAI.

Tali speciali caratteristiche sono state ottenute principalmente mediante l'impiego della controreazione; e questo è stato possibile mercè l'adozione di speciali trasformatori di uscita espressamente costruiti allo scopo.

Al fine di meglio soddisfare le esigenze di impiego, vengono impiegati due tipi di amplificatori: l'AULETE P 12/2 e l'AULETE P 25/0,5 la cui potenza nominale di uscita è rispettivamente di 12 e 25 Watt.

L'amplificatore P 12/2 di cui si riportano le curve di distorsione nella figura 10, ha le seguenti caratteristiche:

Entrata bilanciata con impedenza di 10 kOhm.

Sensibilità di entrata: 2 Volt/punta.

Responso lineare fra 35 e 15 000 Hz ± 0,5 dB.

Carico ottimo di uscita: 3,5 od 8 Ohm predisponibili.

Impedenza interna di uscita: 0,3 e 0,6 Ohm rispettivamente.

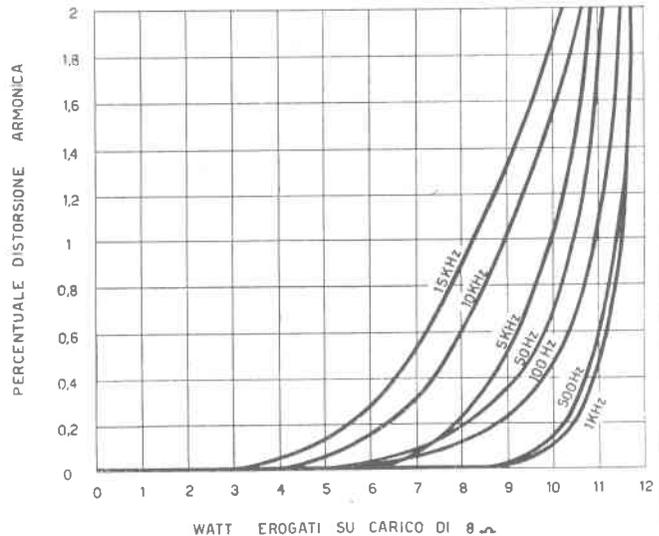



Fig. 10. — Curve della distorsione armonica per amplificatore AULETE tipo P 12 2.

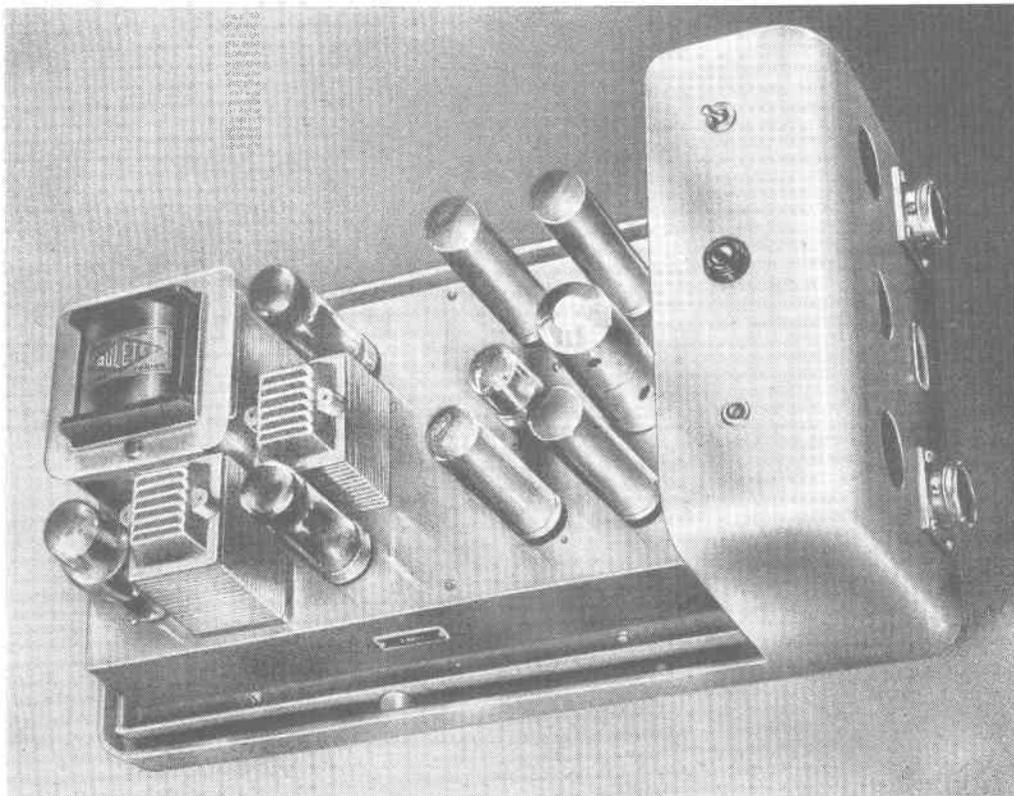



Fig. 9. — Amplificatore di potenza tipo P 25 0,5 AULETE 25 W nominali montato in cofano murale (coperchio asportato).

Rumore di fondo: — 72 dB rispetto alla massima potenza di uscita.

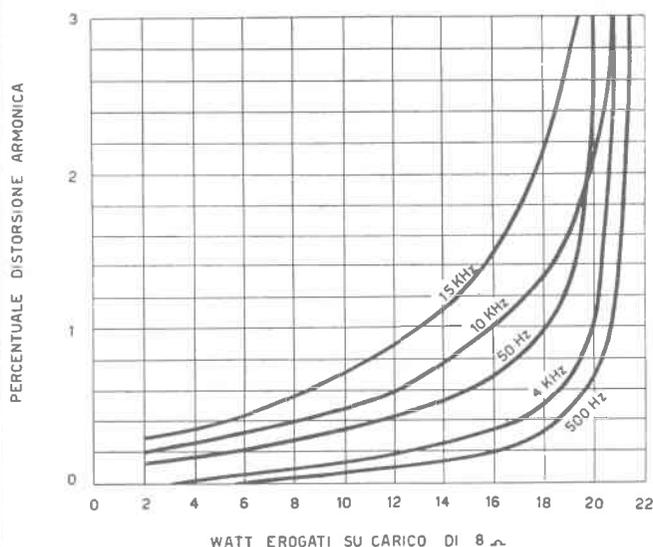



Fig. 11. — Curve della distorsione armonica per amplificatore AULETE tipo P 25/0,5.

L'amplificatore P 25/0,5 di cui si riportano le curve di distorsione nella figura 11, ha le seguenti caratteristiche:

Entrata bilanciata con impedenza di 10 kOhm.

Sensibilità di entrata: 0,5 Volt/punta.

Responso lineare fra 35 e 15 000 Hz ± 0,5 dB.

Carico ottimo di uscita: 8 Ohm.

Impedenza interna di uscita: 0,6 Ohm.

Rumore di fondo: — 72 dB rispetto alla massima potenza di uscita.

Ambedue i tipi sono montati entro robusti cofani di lamiera, i quali, mediante un sistema a cerniera, permettono il ribaltamento del telaio, al fine di poter eseguire dei controlli durante il normale funzionamento senza che sia necessaria l'esclusione dal circuito di utilizzazione.

Nei cofani sono inoltre sistemati il traslatore di ingresso, il regolatore di volume, l'interruttore, la lampada spia, oltre alle prese d'ingresso, uscita ed alimentazione.

Se necessario, gli amplificatori possono essere forniti di regolatore di tono del tipo ad azione bilanciata contemporanea sui bassi e sugli acuti.

ALTOPARLANTI COASSIALI «AULOS»

Gli altoparlanti della serie AULOS sono stati progettati in base alle più moderne concezioni, allo scopo di soddisfare alle più severe esigenze di ortofonicità.

Essi sono caratterizzati da un sistema vibrante duplice, costituito da due diaframmi diretti radiatori disposti concentricamente l'uno in proseguimento dell'altro, e da due bobine mobili indipendenti immerse nel campo magnetico di un unico circuito di eccitazione.

Questa nuova disposizione ed un appropriato dimensionamento assicurano un rendimento ottimo ed una caratteristica di responso piatta in una gamma di frequenze eccezionalmente ampia, da 35 ÷ 40, a 16 000 Hz.

La direzionalità è pochissimo accentuata e si mantiene praticamente indipendente dalla frequenza nell'intera gamma di funzionamento.

La ripartizione della gamma fra due sistemi vibranti indipendenti, e particolari accorgimenti costruttivi dei medesimi, consentono un'efficacissima diminuzione della distorsione non lineare (e particolarmente di quella d'intermodulazione) che in questi altoparlanti risulta estremamente ridotta.

La razionale disposizione dei due diaframmi elimina le anomalie di responso in prossimità della frequenza di scambio, caratteristiche degli usuali sistemi bifonici.

Altra particolarità degna di nota, è l'adozione di un trasformatore acustico (brevetto OSAE) davanti al diaframma del canale acuti.

Il funzionamento di detto dispositivo è basato su principi combinati del labirinto e della lente acustica.

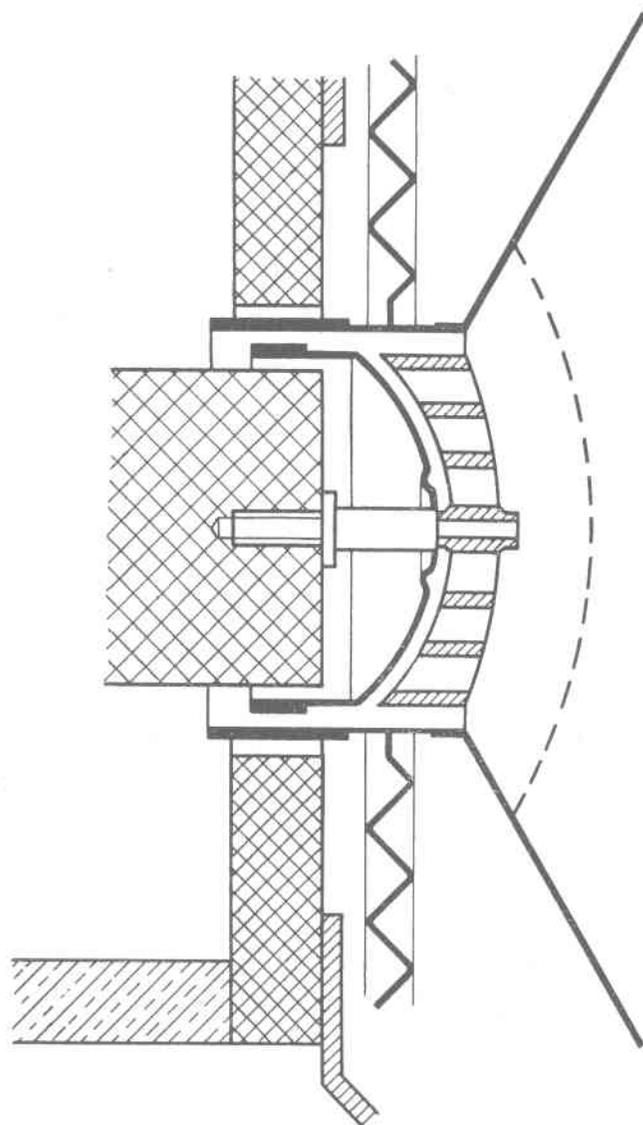



Fig. 12. — Trasformatore acustico per canale acuti nell'altoparlante AULOS.

Il trasformatore acustico è essenzialmente costituito da un solido di rivoluzione conformato a simiglianza di una lente divergente (fig. 12). Esso è attraversato da un gran numero di fori coassiali, le cui lunghezze, per effetto della sezione variabile, aumentano gradualmente dal centro alla periferia, con un effetto lenticolare divergente.

La lunghezza media di detti fori è all'incirca un quarto della lunghezza d'onda del suono che corrisponde alla frequenza media della gamma utile del dispositivo.

Il trasformatore acustico oltre ad incrementare il carico d'aria sul diaframma del canale acuti, con conseguente miglioramento del rendimento meccanico-acustico, aumenta la diffusione spaziale dei suoni di frequenza elevata, riducendo la direzionalità di radiazione fra i 6000 e i 16 000 Hz, e smorza energicamente il sistema vibrante, eliminando le risonanze meccaniche del diaframma.

Detto smorzamento assicura una buona resa dei transitori, ed un'assenza del cosiddetto « hangover » (persistenza delle vibrazioni) che, con equipaggi insufficientemente smorzati, non consente un'alta definizione dell'immagine sonora.

Il dispositivo è efficace per una estensione di gamma di circa un'ottava; scegliendo l'ottava superiore della gamma utile dell'altoparlante è possibile, con un conveniente dimensionamento, compensare l'andamento discendente dell'efficienza del sistema vibrante del canale acuti fino al limite estremo della gamma di funzionamento.

Per conseguire tale risultato senza l'impiego del trasformatore acustico occorrerebbe ridurre di circa 4 volte la massa vibrante, il che non sembra praticamente possibile, poichè lo spessore del diaframma non può essere minore del minimo necessario per assicurare una sufficiente rigidità meccanica.

Per l'azione concomitante di tutti questi fattori, la riproduzione degli altoparlanti AULOS è straordinariamente realistica ed offre in sommo grado quel cosiddetto « effetto di presenza » che ingenera nell'ascoltatore l'impressione di essere innanzi alla sorgente originaria dei suoni.

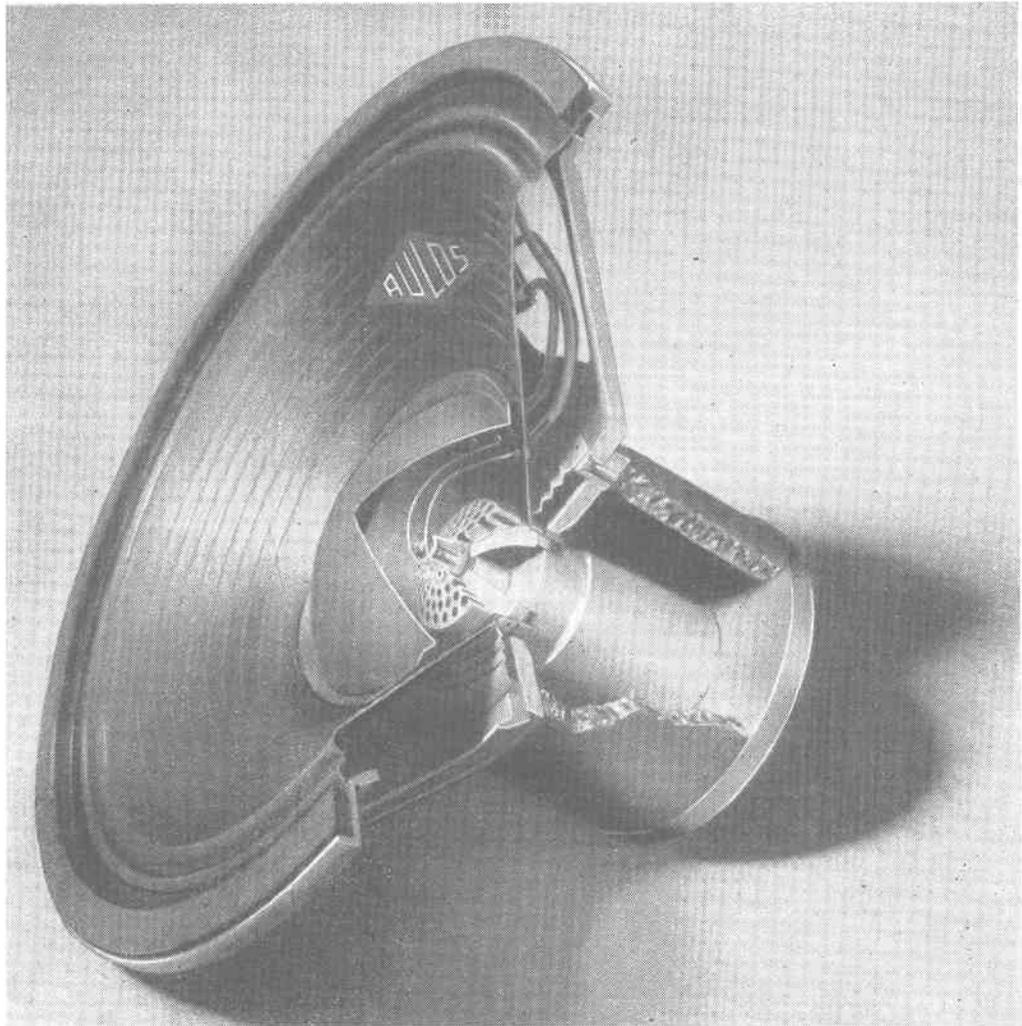
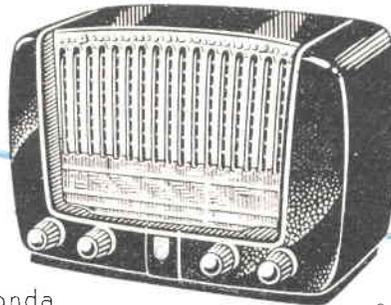
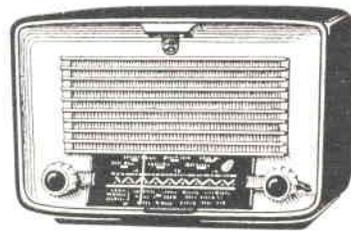
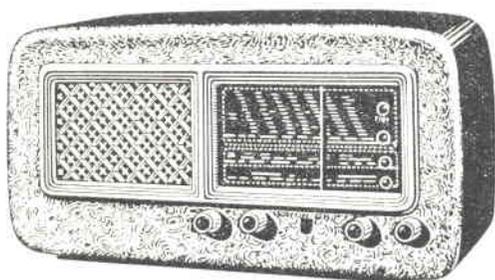



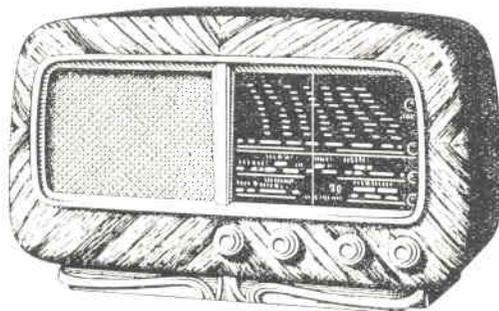
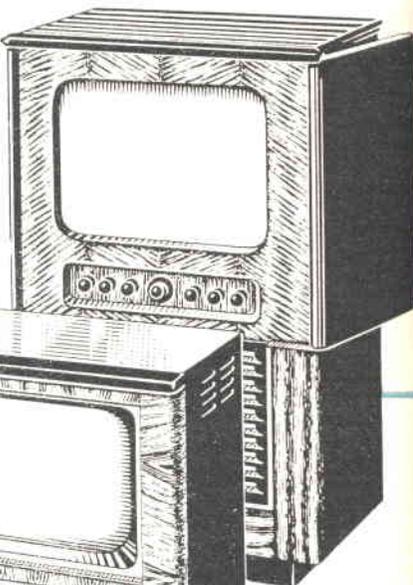
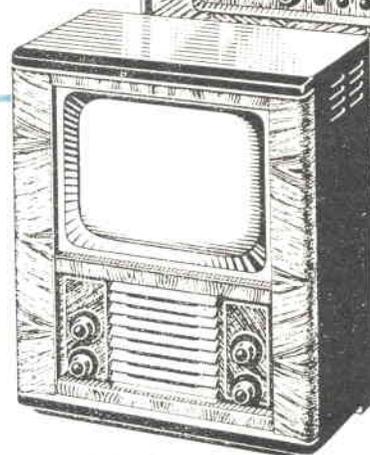
Fig. 13. — Altoparlante AULOS della serie DUODYNAMIC. Diametro cono per frequenze basse 310 mm e trasformatore acustico per frequenze alte.

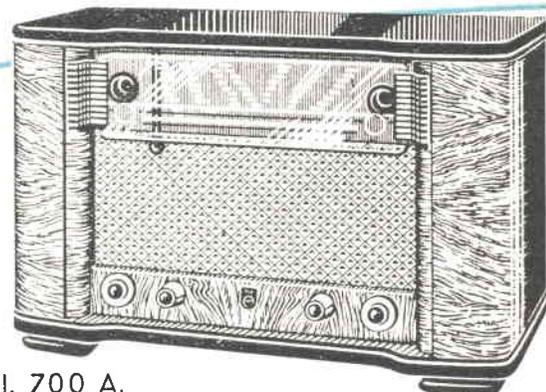
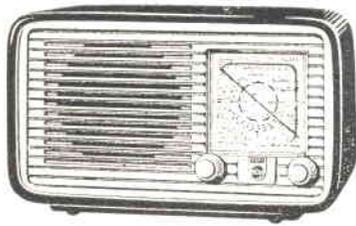
Il coassiale AULOS, di cui la figura 13 mostra la sezione, è in funzione nelle sale di regìa come altoparlante di controllo. Esso è a magnete permanente; ha un diametro massimo di 310 mm, e può sopportare punte di 15 ÷ 20 W di potenza acustica senza distorsione.

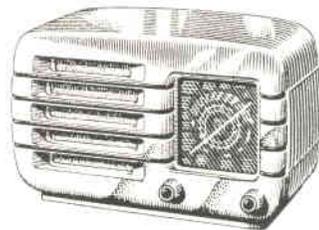
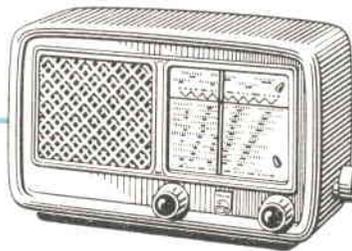
L'impedenza media di entrata è di 8 Ohm e la rete dividente (che opera la ripartizione della gamma di funzionamento in due canali) è incorporata.

Cavalcata 1952-53

Bl. 310 A.
5 valvole - 3 gamme d'onda

Bl. 210
5 valvole - 2 gamme d'onda

Bl. 510 A.
5 valvole - occhio magico - 3 gamme d'onda

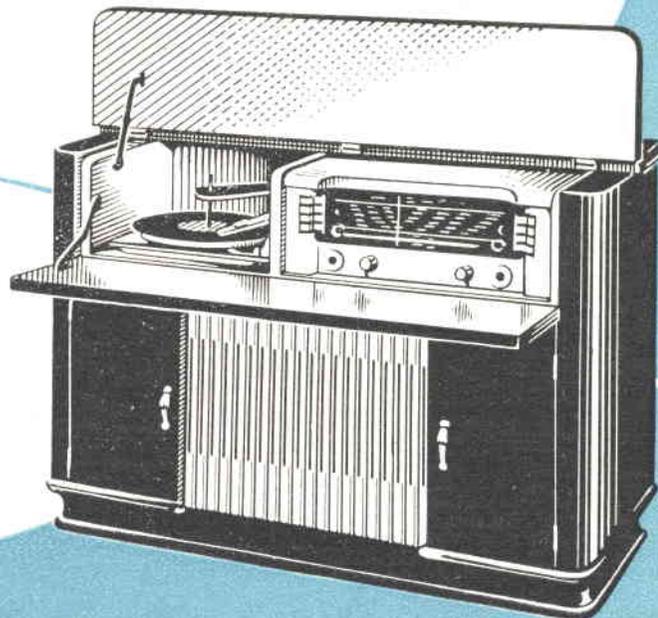
Televisori

Tl. 1714 A.
23 pollici, sistema a proiezione
33 valvole - tutti i canali italiani

Tl. 1410 U.
14 pollici - 23 valvole -
tutti i canali italiani

Bl. 410 A.
5 valvole - 3 gamme d'onda

Bl. 700 A.
14 valvole - occhio magico - 6 gamme d'onda - F. M.

Bl. 192 A.
4 valvole - onde medie

Ll. 422 AB.
Per corrente rete e batteria -
5 valvole - 3 gamme d'onda

Bl. 191 U.
4 valvole - onde medie

PHILIPS

Bl. 201 U.
5 valvole - 2 gamme d'onda

Dl. 700 A.
Radiofonografo 14 valvole - occhio magico
6 gamme d'onda - F. M. - cambiadischi a 3
velocità

Radiofonografo da tavolo - 5 valvole -
2 gamme d'onda - giradischi a due velocità

Hl. 424 A.

FABBRICA ITALIANA VALVOLE RADIO ELETTRICHE

BOLLETTINO D'INFORMAZIONI

DEL SERVIZIO CLIENTI

ANNO VI - N. 41
Gennaio 1953

Polarizzazione per mezzo della corrente di lancio.

È ben noto che, se si collega direttamente un milliamperometro tra l'anodo e il catodo di un diodo, si misura una corrente, a cui vengono dati diversi nomi tra i quali il più comune è quello di corrente di lancio (fig. 1 *a*). Questa

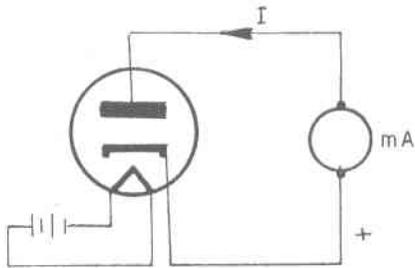



Fig. 1 *a*). — Misura della corrente di lancio di un diodo

corrente, fissata la tensione di accensione, assume valori diversi se si usano per misurarla strumenti di diversa resistenza.

Il risultato sperimentale, dovuto a diverse cause (velocità di uscita degli elettroni dal catodo, forze elettromotrici termoelettriche e di contatto nel circuito catodo-anodo, ecc.) si mette chiaramente in evidenza disegnando in grande scala la caratteristica della corrente anodica: risulta allora che questa curva non passa per l'origine degli assi, ma taglia l'asse delle correnti fornendo valori di corrente anodica positivi anche per un certo intervallo di valori negativi della tensione anodica (fig. 1 *b*).

Nella zona della caratteristica corrispondente a valori negativi della tensione il diodo funziona da generatore ed è quindi in grado di far circolare corrente in un resistore collegato tra anodo e catodo (fig. 1 *c*), ai capi del quale si sviluppa una tensione positiva dal catodo all'anodo.

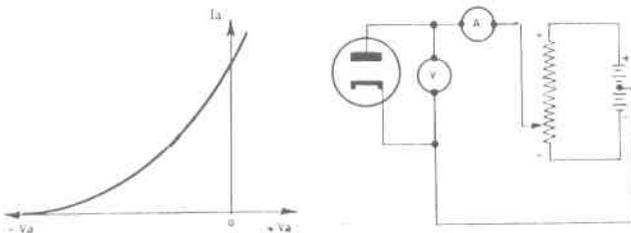



Fig. 1 *b*). — Caratteristica anodica di un diodo e circuito per il rilievo del tratto intorno al valore zero della tensione. Se il voltmetro non è ad altissima resistenza (elettrostatico o elettronico), occorre eseguire la correzione della corrente assorbita dal voltmetro, o inversamente della tensione assorbita dell'amperometro.

Tale sorgente può servire per produrre la tensione di polarizzazione negli amplificatori audio ad elevato guadagno e negli stadi a R.F. e F.I. dei ricevitori.

Quando un diodo è collegato come in figura 1 *c*) la tensione d'uscita va da 0 a circa 1 Volt in dipendenza dalla resistenza di carico.

La curva di figura 1 *d*) è quella relativa alla 6H6. Essa deve essere considerata puramente indicativa, perchè la tensione sviluppata dipende da parecchi fattori, quali, tra

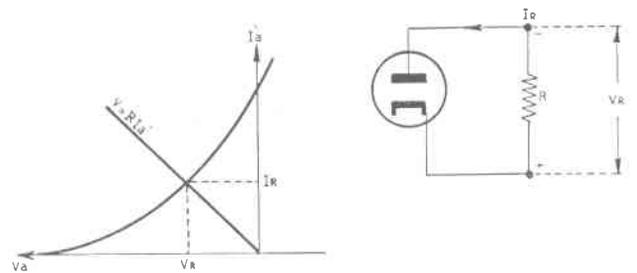



Fig. 1 *c*). — Alimentazione di un resistore da parte di un diodo.

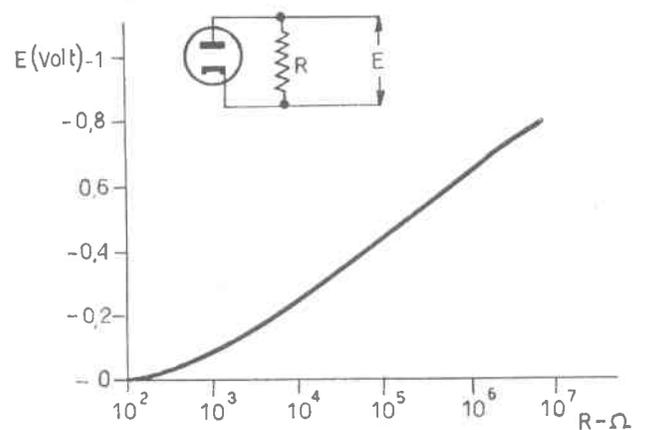



Fig. 1 *d*). — Il potenziale di contatto in un diodo cresce con il crescere del valore della resistenza di carico.

gli altri, la tensione del filamento riscaldatore e le condizioni del catodo. Altri raddrizzatori possono fornire caratteristiche simili a quelle riportate.

In un triodo, la griglia mostra il medesimo tipo di fenomeno, poichè essa agisce come l'anodo di un diodo rispetto al catodo. Ciò consente, come si fa spesso, di usare i triodi ad alto μ come è indicato in figura 2 *a*), facendo

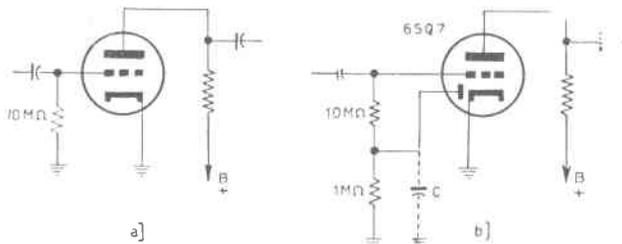



Fig. 2 *a*). — Circuito convenzionale auto polarizzato per triodi ad alto μ.
Fig. 2 *b*). — Sezione diodo di un diodo-triodo usato per la polarizzazione.

in modo che il tubo si polarizzi da sè per mezzo della corrente di lancio verso la griglia circolante in una elevata resistenza di griglia.

Un affinamento di tale metodo è quello di impiegare uno dei diodi di un tubo quale la 6SQ7 per provvedere alla polarizzazione come si vede in figura 2 *b*). In questo caso, la capacità C, che serve di bypass per la B.F., è necessaria solo quando il picco del segnale è molto vicino alla tensione di polarizzazione.

In un ricevitore avente un certo numero di stadi a R.F. e F.I. si può ottenere un notevole risparmio di resistori catodici e condensatori di bypass polarizzando inizialmente un diodo nel circuito di C.A.V. come si vede in figura 3. Le due sezioni del diodo sono, come si vede,

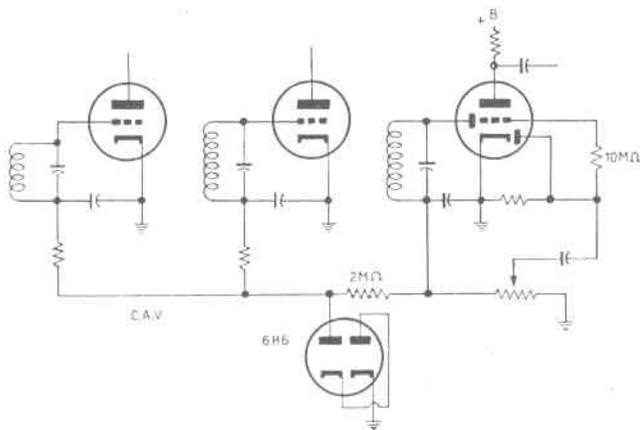



Fig. 3. — La polarizzazione iniziale di un diodo sul CAV risparmia resistenza e capacità in R.F. e F.I. nei circuiti catodici provvedendo la soglia di tensione necessaria per il CAV.

connesse in serie tra loro e in parallelo attraverso il circuito di C.A.V. con un resistore di 2 M Ω. Con un carico di 1 M Ω per diodo, si può vedere dalla figura 1 *d*) che vi sarà una polarizzazione base sui tubi a R.F. e F.I. di 0,8 Volt per diodo oppure di 1,6 V in totale, che è più che sufficiente per molti tubi moderni. Nel circuito illustrato, la tensione di 1,6 V data dai diodi in serie funziona da tensione base per il C.A.V.

Se si richiede maggiore polarizzazione oppure maggior soglia per il C.A.V., si può aggiungere un secondo doppio diodo in serie al precedente. Bisogna notare che uno dei due diodi del doppio diodo triodo viene usato per la polarizzazione del triodo nel circuito dato.

Oscillatori a quarzo.

Un alto grado di stabilità di frequenza particolarmente per lunghi periodi di tempo, può essere realizzato sostituendo il circuito risonante di un oscillatore con un cristallo di quarzo, di cui si sfruttano le proprietà piezoelettriche.

Gli oscillatori a quarzo sono oggi universalmente adottati per mantenere stabile la frequenza delle stazioni trasmittenti ad un valore assegnato. Vengono inoltre impiegati in tutte quelle applicazioni dove è indispensabile una alta stabilità di frequenza.

La costruzione delle piastrine di quarzo richiede speciali attrezzature, strumenti ottici ed elettronici di alta precisione, personale specializzato. Per una produzione in grande serie di quarzi per tutte le svariate applicazioni della tecnica moderna, occorrono impianti costosi e una accurata organizzazione tecnica. Questi traguardi sono stati raggiunti dalla Fivre 3ª, dopo anni di tenace lavoro e di effettiva esperienza. I reparti ed i laboratori della Fivre 3ª sono attrezzati in modo da garantire un prodotto di funzionamento sicuro e stabile anche nelle condizioni meno favorevoli. La Fivre 3ª è in grado di fornire quarzi per stazioni trasmittenti, per usi civili e militari, per terapia ed ultrasonica, per scandagli sottomarini, per laboratori di fisica sperimentale e industriale, ecc.

Il mantenimento nel tempo delle caratteristiche di frequenza e di efficienza è assicurato dai trattamenti speciali subìti dai cristalli allo scopo di eliminare il fenomeno di invecchiamento.

Il coefficiente di temperatura è per tutti i tipi molto basso in virtù degli angoli di taglio adottati e della precisione colla quale essi vengono controllati; si possono costruire su richiesta quarzi con coefficiente di temperatura anche inferiore a 2×10^{-6} per °C.

Quarzi normalizzati.

Sono i tipi G 50, G 52 e G 54, che hanno la custodia di materiale plastico, particolarmente studiati per applicazioni a R.F., dotati nel contempo di ottime caratteristiche di resistenza a sollecitazioni meccaniche ed a variazioni di temperatura ambiente. Il montaggio con guarnizioni di gomma assicura una tenuta perfettamente stagna.

I piedini, del tipo incorporato, hanno diametro e passo corrispondenti a due piedini alternati di un normale zoccolo octal; i quarzi possono perciò essere innestati in portavalvole octal oltrechè in apposite bocchette bipolari.

In un prossimo bollettino saranno dati i dati tecnici di questi quarzi e alcuni circuiti di impiego.

Quarzi termostatici.

Sono i quarzi G 31, G 66, G 30B e G 63, in custodia termostatica a chiusura ermetica, che presentano in particolare le seguenti caratteristiche:

— la chiusura ermetica protegge il cristallo ed i contatti termostatici dagli agenti atmosferici;

— il vuoto effettuato ed il successivo riempimento con aria secca, nonchè l'assenza di sostanze organiche nell'interno della custodia garantiscono la protezione; il filo scaldatore è isolato con filo di vetro;

— la perdita di calore è bassa; quella per irraggiamento è ridotta dalla superficie speculare della custodia cromata;

— il tempo di riscaldamento è molto ridotto, specialmente nel tipo G 66;

— la costruzione interna e l'uso di una laminetta bimetallica per il controllo di temperatura, conferiscono una elevatissima stabilità di temperatura indipendentemente dalle variazioni di temperatura ambiente;

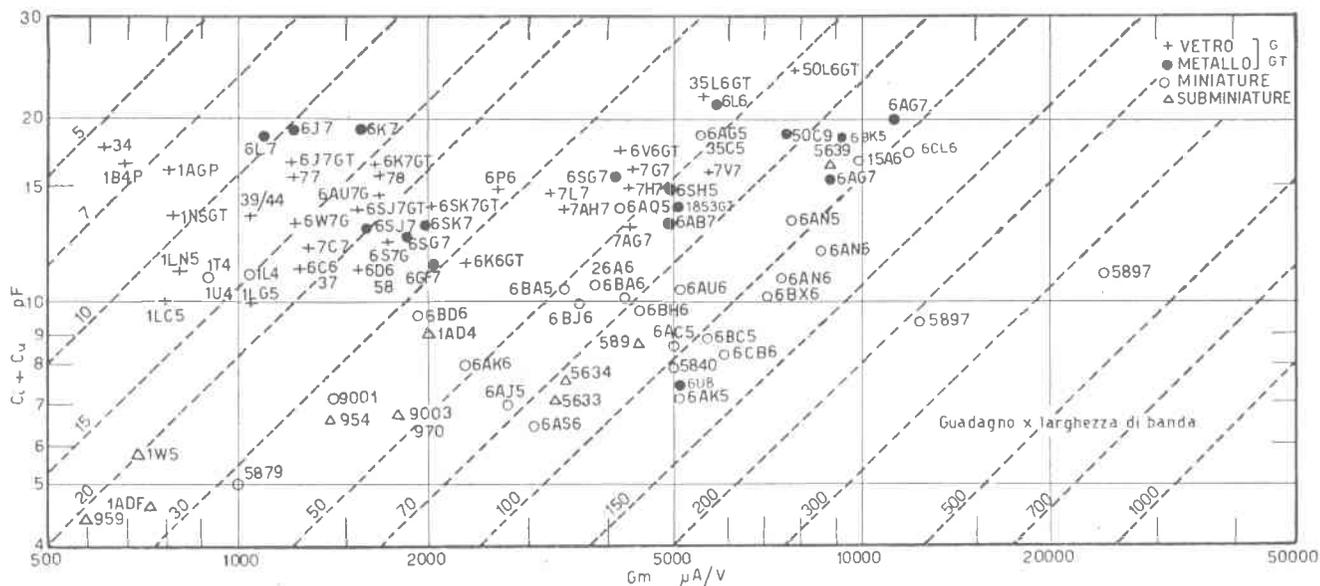



Fig. 4. — Tabella di distribuzione dei tubi secondo il valore $\frac{Gm}{2\pi C}$.

— la vita del contatto termostatico in platino-iridio è praticamente illimitata;

— il riscaldatore è normalmente alimentato a 6,3 V.

Unità di misura per la luminosità dei cinescopi.

I costruttori di cinescopi, oltre ai dati tecnici dei loro tubi, pubblicano le caratteristiche di luminosità in funzione della tensione della griglia n. 1 del tubo, ed inoltre dànno talvolta la variazione di tale caratteristica in funzione della tensione del primo anodo.

L'unità di misura scelta in ordinata è normalmente il foot-Lambert (ft-L) oppure il milli-Lambert che sono legate dalla seguente relazione:

$$1 \text{ ft-L} = 1{,}076 \text{ mL}.$$

In tutte le nostre pubblicazioni useremo il milli-Lambert che più si confà con i sistemi di misura da noi adottati e che, come si vede coincide praticamente con il foot-Lambert.

Il foot-Lambert è riferito all'area di un piede quadrato, mentre il milli-Lambert è un millesimo della stessa unità riferita all'area di 1 cm^2. In conclusione, un numero di ft-L va moltiplicato per 1,076 per ottenere il valore corrispondente in mL; un numero di mL va moltiplicato per 0,929 per avere il numero corrispondente di ft-L.

Altri costruttori fanno riferimento ad altre unità fornendo mK/cm^2 (norma) per il quale si hanno le seguenti uguaglianze:

$$1 \text{ mK/cm}^2 \simeq 3{,}117 \text{ mL} = 2{,}896 \text{ ft-L}$$
$$1 \text{ mL} \simeq 0{,}321 \text{ mK/cm}^2$$
$$1 \text{ ft-L} \simeq 0{,}345 \text{ mK/cm}^2.$$

Ad esempio 2 mK/cm^2 equivalgono a $2 \times 3{,}117 = 6{,}234$ mL.

Per una scelta opportuna dei pentodi nella progettazione e la costruzione di amplificatori a larga banda.

Il numero dei tubi che si possono usare nella costruzione degli amplificatori a larga banda è molto esteso. Di solito vengono preferiti i pentodi agli altri tipi di valvole a causa delle loro relativamente basse capacità di ingresso e di uscita. La tabella che noi presentiamo indica il modo più adatto per determinare rapidamente e convenientemente i principali pentodi da usarsi in circuiti amplificatori a larga banda.

Le caratteristiche maggiormente indicative di un pentodo in tale applicazione sono la sua transconduttanza (Gm), le sue capacità interelettrodiche (in particolare la capacità di ingresso Ci e quella di uscita Cu) e la resistenza di carico R. Indicheremo con C la somma delle due capacità Ci e Cu.

Alle frequenze normali il guadagno del tubo è dato da Gm R. Alle frequenze elevate, se non vi è nessuna compensazione, il guadagno diminuisce per l'influenza delle reattanze capacitive in parallelo ad R; in particolare alla frequenza in cui la reattanza di C è uguale ad R, tale guadagno cade al 70% del valore primitivo. Se tale frequenza, $f = \frac{1}{2\pi RC}$, viene presa come frequenza limite, allora il prodotto del guadagno per la larghezza di banda è uguale a $\frac{Gm}{2\pi C}$ e dipende più dalle caratteristiche del tubo che dal circuito in cui esso viene impiegato.

Reti più complesse possono allargare ulteriormente la banda di frequenza utile, ma il prodotto anzidetto dipende sempre da Gm/C che può pertanto essere assunto come cifra di merito della valvola impiegata agli effetti del funzionamento in amplificatori a larga banda.

La tabella indicata è fatta portando in ordinata la somma delle capacità di ingresso e di uscita, in ascisse la transconduttanza ed in tratteggio le linee sulle quali si allineano i punti per cui la quantità Gm/C è costante (queste sono rette a 45° con gli assi, perchè si sono usate scale logaritmiche). Sulla stessa tabella sono poi segnati i valori che la quantità Gm/C assume per i diversi tubi.

Detto ciò, il tubo più adatto agli scopi è sempre quello di ascissa maggiore e di ordinata minore, cioè quelli più in basso a destra, tra quelli che hanno lo stesso valore di Gm/C. Inoltre, si può vedere sempre sul medesimo grafico quali sono i tubi che eventualmente hanno medesime caratteristiche in amplificatori a larga banda, come la

6AU6 e la 6BH6. Così il diagramma indica pure come un tubo più adatto di un altro possa essere ottenuto sia elevando la Gm, sia abbassando le capacità interelettrodiche.

Altre similitudini possono essere messe in evidenza fra tubi che si trovano sulla medesima diagonale, per esempio tra 6AK5, 6CB6 e 6AH6 le quali hanno medesima cifra di merito con diversi valori di Gm e di C.

17BP4A.

È un cinescopio (tubo a R.C. per ricezione di televisione) a visione diretta con focalizzazione e deflessione magnetica.

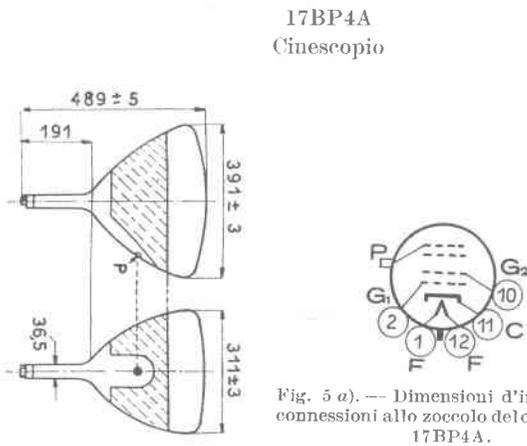
Fornisce immagini di 270 per 360 mm. Caratteristiche di questo tubo sono: il cannone elettronico progettato per essere usato con trappola ionica magnetica esterna per evitare l'annerimento dovuto alla macchia ionica; alta qualità, schermo incolore, che migliora il contrasto e dettaglio delle immagini nelle condizioni ordinarie di illuminazione degli ambienti; piastra frontale cilindrica, a contorno rettangolare. Un rivestimento conduttore esterno per servire da condensatore di filtro se collegato a massa.

17BP4A
Cinescopio

Fig. 5 *a*). — Dimensioni d'ingombro e connessioni allo zoccolo del cinescopio 17BP4A.

DATI CARATTERISTICI

Catodo	a riscaldamento indiretto
Accensione (c.a. o c.c.)	6,3 V - 0,6 A
Focalizzazione	magnetica
Deflessione	magnetica
Angolo di deflessione:	
orizzontale (circa)	65°
diagonale (circa)	70°
Fosforo P_4:	
fluorescenza	bianca
persistenza	media
Piastra frontale grigia:	
coefficiente di trasmissione della luce (circa)	66%
Dimensioni dell'immagine (rapporto 3/4):	
larghezza	36,4 cm
altezza	27,3 cm
Capacità interelettrodiche dirette approssimate:	
catodo - tutti gli altri elettrodi	5 pF
griglia 1 - tutti gli altri elettrodi	6 pF
rivestimento conduttivo esterno - anodo	2000 pF

VALORI LIMITI

Massima tensione anodica continua (1)	16 000 V
Massima tensione continua di g_2	410 V
Minima tensione continua di g_1	— 125 V
Massima tensione continua di g_1	0 V
Massima tensione continua tra filamento e catodo (2):	
— con filamento negativo rispetto al catodo durante i primi 15 sec. di riscaldamento	410 V
— dopo il riscaldamento di tutto l'apparato	150 V
— con filamento positivo rispetto al catodo	150 V
Massima resistenza del circuito di griglia 1	1,5 MΩ

CONDIZIONI NORMALI DI FUNZIONAMENTO

Tensione anodica (per una luminosità di 21,52 mLambert)	14 kV
Tensione di g_2	300 V
Tensione di g_1 (3)	da — 33 a — 77 V

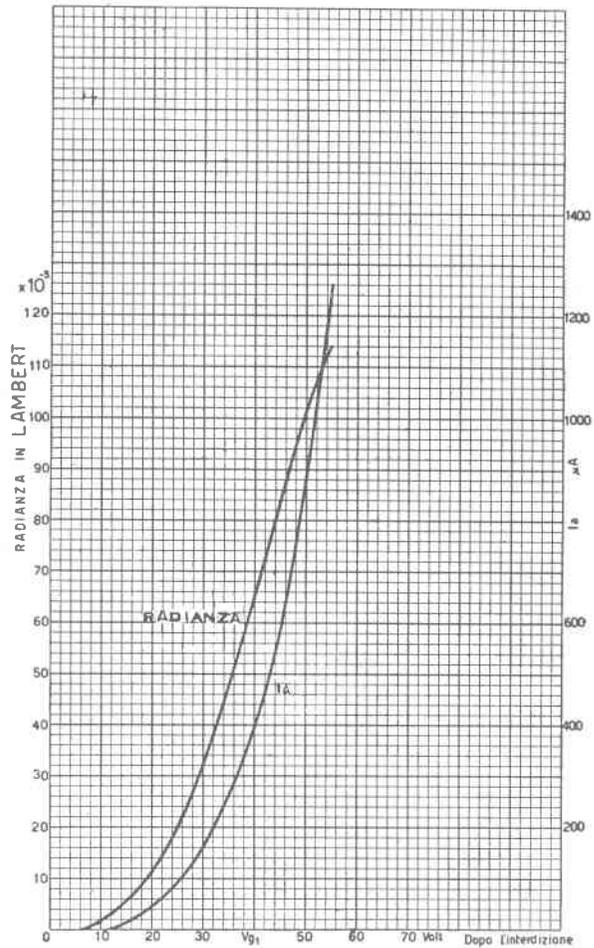



Fig. 5 *b*). — Caratteristica anodica e di radianza del cinescopio 17BP4A.

(1) L'anodo e la griglia 3, collegati internamente, sono chiamati anodo.

(2) Il ritorno di catodo deve essere collegato con una estremità o con una presa centrale del trasformatore di accensione.

(3) Per ottenere la estinzione dell'area luminosa focalizzata ed in assenza di deflessioni.

IL MAGNETOFONO "FILMAGNA,,

MAGNETOFONO I. N. 7,5

Tra i vari sistemi di registrazione del suono, oggi in uso, quello che impiega il nastro magnetico è indubbiamente il migliore. La molteplicità di prestazioni che può offrire il nastro magnetico, ha indotto i costruttori di apparecchi di registrazione, ad orientarsi verso la costruzione di magnetofoni, anche in considerazione delle richieste del mercato via via in aumento. Se ne trovano pertanto, oggigiorno in commercio di più svariati tipi che vanno dal professionale al semplice magnetofono per usi domestici. In Italia, oltre ad altri magnetofoni, viene prodotto dal 1950 un nuovo tipo, il « FILMAGNA ». Detto magnetofono si differenzia notevolmente dagli altri, per il fatto di essere privo di motori di comando. Appoggiato sul piatto di qualsiasi giradischi, riceve il movimento necessario al suo funzionamento dal giradischi stesso.

È ovvio che per ottenere il massimo rendimento dal FILMAGNA occorre disporre di un buon motorino giradischi, e, cioè, che sia esente da quei difetti di natura principalmente meccanica, tali da pregiudicare la buona marcia del FILMAGNA stesso. Costruttivamente consta di una piastra metallica a forma triangolare, sulla quale sono fissati i vari elementi componenti il magnetofono. Sulla parte superiore della piastra è sistemato il rullo traente (o capstan) destinato al trascinamento del nastro, e la testina di registrazione-riproduzione. Il percorso del nastro magnetico nella fase di lavoro, è tale da obbligare il nastro stesso ad abbracciare il capstan per tre quarti circa della sua circonferenza evitando in tal modo scorrimenti. Il diametro del capstan determina, per velocità di piatto giradischi in 78 giri, la velocità stabilita di scorrimento del nastro. La testina di registrazione-riproduzione è montata su un portatestine imperniato verticalmente che permette di avvicinarla od allontanarla a mezzo di un comando a levetta, al capstan, e quindi al nastro magnetico. Sulla piastra si trovano inoltre i due piattelli con perno destinati a sopportare le due bobine di nastro, e precisamente a destra la bobina debitrice ed a sinistra quella raccoglitrice. Detti piattelli, oltre ad avere la funzione di supporto, hanno pure incorporato un sistema di frizione, che consente, in posizione di lavoro, di mantenere il nastro sempre uniformemente teso. Le due fri-

zioni permettono inoltre di aumentare il numero di giri di detti piattelli allorquando si carica una delle due bobine con un peso adatto e si toglie il nastro del capstan. Questa maggiore velocità è sfruttata per ottenere l'avvolgimento rapido in un senso o nell'altro del nastro magnetico. Sul magnetofono, come detto prima, è montata una sola testina che espleta le funzioni di registrazione e riproduzione. Detta testina è regolata in altezza in modo da interessare solo metà del nastro; è possibile in questo modo: rovesciando le bobine, ottenere l'utilizzazione anche dell'altra metà del nastro, raddoppiando il tempo utile di registrazione delle bobine. Il magnetofono è sprovvisto di testina di cancellazione, e ciò allo scopo di renderlo il più semplice possibile. Esso prevede infatti l'impiego di bobine di nastro vergine, cioè esente da magnetizzazioni residue. Per ciò il FILMAGNA è corredato di un cancellatore alimentato con la frequenza di rete, costituito da un elettromagnete a circuito magnetico aperto. Detto cancellatore, avvicinato alle bobine di nastro magnetico registrato, ne provoca la cancellazione immediata. Il magnetofono FILMAGNA è adatto per registrare segnali a basso livello (microfono) e ad alto livello (apparecchio radio). Per la registrazione con microfono è corredato di un preamplificatore oscillatore che fornisce anche la corrente di premagnetizzazione a radio frequenza necessaria per la registrazione. La modulazione via radio viene prelevata direttamente dal ricevitore al quale il FILMAGNA è collegato. Sullo chassis del preamplificatore è montato un commutatore che permette di scegliere la condizione di lavoro desiderata, e cioè: registrazione via radio, registrazione con microfono e riproduzione. Oltre al tipo di FILMAGNA sopra descritto, ne viene prodotto uno di dimensioni più grandi, costruito per sola riproduzione, e adatto per giradischi professionali. Esso è stato essenzialmente studiato per la radiodiffusione e per gli studi cinematografici, dove, cioè, si richieda di poter riprodurre anche bobine di nastro da 750 metri. In tal modo ogni giradischi può essere rapidamente trasformato in magnetofono professionale, con enorme economia, e liberando dal lavoro di riproduzione i magnetofoni che possono essere utilizzati per altre registrazioni. Anche la Radio italiana prevede di utilizzare questo ultimo tipo di magnetofono FILMAGNA per le sue trasmissioni a mezzo del nastro magnetico.

Cosimo Maggioni

Tecnici della RAI collaudano il FILMAGNA I. N. 7,5

Una novità

nel campo della riproduzione fonografica di musica incisa

il TEFIFON

Complesso fonografico **Tefifon**

Il **Tefifon** *è un nuovo complesso fonografico che, secondo un recentissimo ed originale sistema, utilizza per la riproduzione sonora un nastro inciso di materia plastica, infrangibile e non intaccabile dalla puntina, in luogo del comune disco inciso.*

La riproduzione fonografica del **Tefifon** *è completamente esente da fruscio, e le tonalità vocali e strumentali sono dal* **Tefifon** *rese con perfetta fedeltà e naturalezza in ogni loro sfumatura.*

Il nastro adottato nel **Tefifon** *è denominato nastro sonoro* **Tefi.** *Esso è contenuto in una cassetta entro la quale si svolge e si riavvolge in ciclo continuo, essendo chiuso ad anello pur senza traccia di saldatura, così da offrire al rivelatore fonografico una faccia senza soluzione di continuità.*

Il vastissimo repertorio musicale **Tefi,** *composto già da oltre 1200 incisioni di musica classica, operistica, leggera, da ballo, ecc., comprende cassette della durata da 24 fino a 60 minuti, ed è continuamente in via di ampliamento.*

Il **Tefifon** *può funzionare anche per la riproduzione di dischi normali o a microsolco munendolo di un apposito adattatore giradischi già pronto. Esso è dunque l'apparecchio universale per nastri e dischi.*

Il **Tefifon** *può essere collegato a qualsiasi apparecchio radioricevitore o montato su radiofonografi, fonotavolini, ecc.*

Il **Tefifon** *è a disposizione di tutti i rivenditori d'Italia sia di radio, sia di fonografi.*

Per informazioni rivolgersi alla Sede o agli uffici regionali della C.G.E.

Cassetta nastro **Tefi**

Cassetta aggiuntiva con giradischi

CONCESSIONARIA DI VENDITA PER L'ITALIA:

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ

MILANO

TRENT'ANNI DI ATTIVITÀ
IMPIANTI IN CAVO
610.000 km/BICOPPIA / 14.600 km/ANIMA COASSIALE
1921
1952

TIME IS MONEY

C.R.E.A.S.
CONDENSATORI

DIRETTORI: EDOARDO CRISTOFORO - VITTORIO MALINVERNI (RESPONSABILE) — SPEDIZIONI IN ABBONAMENTO POSTALE - IV GRUPPO — ILTE - TORINO